Dr. Herbert Nitsche

Der Bedarf an Eiweiß

bei Arbeitspferden in Ruhe und bei allmählich gesteigerter Arbeit

Eingereicht zur Erlangung des Grades
eines
Dr. phil. habil. in der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Breslau

1939

Buchdruckerei und Verlag Becker & Bärhold, Breslau 1, Junkernstraße 9

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Diese Arbeit erschien in der Zeitschrift „Tierernährung" 11 (1939) Seite 48—54 u. 214—272, Akademische Verlagsges. m. b. H. Leipzig, und in „Landwirtschaftliche Jahrbücher" 89/Sept. 3 (1939) Seite 319 — 332, Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin.

Überreicht vom Verfasser

Sonderdruck aus „Tierernährung“ **11** (1939) 214–244
Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig

(Aus dem Agrikulturchemischen und Bakteriologischen Institut der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität.)

Der Bedarf an Eiweiß bei Arbeitspferden in Ruhe und bei allmählich gesteigerter Arbeit.

Von

Herbert Nitsche, Breslau.

I. Teil.

A. Grundsätzliche Betrachtungen zum Eiweißstoffwechsel in seiner Abhängigkeit von äußeren Einflüssen.

(Mit 3 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 13. Mai 1939.)

Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H.
Leipzig

Fast alle bisherigen Untersuchungen über die Ernährung des Pferdes gewähren zwar einen Einblick in den Gesamtnährstoffbedarf, geben aber keine Antwort darauf, in welcher Menge das Eiweiß täglich zu verabreichen ist. Mit der erschwerten Eiweißbeschaffung ist jedoch die Frage zunächst nach dem Erhaltungsbedarf an Eiweiß bei unseren wichtigsten Haustieren immer dringender geworden. Bereits O. Kellner [1] bedauert es, daß über die zu verabfolgende Mindestmenge an Eiweiß bei Pferden noch Unklarheit herrsche. Seitdem liegen nur wenige weitere Ergebnisse in dieser Richtung vor.

Das Nahrungseiweiß ist nach seinem Gehalt an Aminosäuren, die vom Körper zum Aufbau arteigenen Eiweißes benutzt werden, zu beurteilen. Der Eiweißaufbau wird daher um so vollkommener sein, je größer die Übereinstimmung in der Zusammensetzung zwischen dem Durchschnitt der vom Darm aufgenommenen Mischung der Aminosäuren und dem Gewebseiweiß ist. Je ausgeglichener die Bausteine in der Nahrung zum Aufbau von Körpereiweiß sind, desto höher ist ihr biologischer Wert (Thomas [2]). Bei biologisch hochwertigen Futterstoffen wird die für das Tier erforderliche Eiweißmenge verhältnismäßig gering sein. Fehlt jedoch dem Eiweiß im Futter die eine oder andere Aminosäure, so wird selbst bei dem Vorhandensein genügender Mengen von anderen Nährstoffen der Fütterungserfolg nicht der erwünschte sein.

Die Erforschung der Aminosäuren unserer Futtermittel ist erst im Entstehen begriffen, und es werden noch Jahre vergehen, bevor man so weit sein wird, durch geeignete Zusammenstellung derselben nach ihrem biologischen Wert die höchste Eiweißwirkung zu erzielen. Der biologische Wert des Futters für die einzelnen Tierarten in der Fütterungspraxis ist nach H. H. Mitchell [3] und Mitarbeitern nicht grundsätzlich verschieden. Bei Einseitigkeit in der Fütterung wird im allgemeinen der Mindestbedarf an Eiweiß zumeist höher sein als bei Mischfutter. Mitteilungen über den Mindestbedarf an Eiweiß bei unseren Haustieren sollten daher Angaben über das verabreichte Futter enthalten.

Außer der Nährstoffmenge ist jedoch die Kenntnis wenigstens des größten Teils der Umwelteinflüsse, soweit diese überhaupt erfaßbar sind, unerläßlich. Der Erhaltungsbedarf an Eiweiß unterliegt je nach dem Einfluß der Umwelt fortwährendem Wechsel. Daher sind einige Forscher, wie H. Moellgaard [4] und H. H. Mitchell [5] dafür, nicht das Eiweißminimum als Maßstab der Eiweißzufuhr zu betrachten, sondern das Eiweißoptimum, worunter nach H. Moellgaard die „zweckmäßigste Mindestmenge" an Eiweiß zu verstehen ist. Wird der Körper lange Zeit hindurch sehr knapp mit Eiweiß ernährt, dann wird das Tier anfälliger, Infektionen, Erkältungen oder auch Verdauungsstörungen bewirken oft erhebliche Beeinträchtigungen des Wohlbefindens. Außerdem wird bei Erkrankungen der Eiweißstoffwechsel fast stets wesentlich beeinflußt, wie es C. Röse [6] in jahrelangen Versuchen an sich selbst feststellte. Wird demnach ein Tier lange Zeit hindurch an der untersten Eiweißgrenze ernährt, so sind Schädigungen der Gesundheit bei unvorhergesehenen Einflüssen unausbleiblich. Deshalb empfiehlt es sich, für die Eiweißgabe eine bestimmte Sicherheitsgrenze festzulegen, d. h. man wird dem Tier soviel Eiweiß verabfolgen, daß das Eiweißminimum mit Sicherheit gedeckt und darüber hinaus noch eine kleine zusätzliche Eiweißgabe vorhanden ist. Eine eigentliche Speicherung von Eiweiß ist bisher im Tierkörper nicht erwiesen, obwohl in der Muskulatur wie auch in der Leber ein leicht verfügbares Eiweiß — eine Art Vorratseiweiß — vorkommt. Seine Eigenschaften sind, wie K. Felix [7] berichtet, noch nicht näher bekannt. Es wird zwar von den Zellen zurückgehalten, aber nicht zu dem unentbehrlichen Struktureiweiß aufgebaut, sondern ist gewissermaßen nur in leicht verfügbarer Form im Zellgerüst eingelagert. — Sobald das unmittelbare Eiweißbedürfnis des Körpers befriedigt ist, wird je nach den Umständen ein mehr oder minder großer Anteil der im Futter aufgenommenen Eiweißbausteine zum Eiweißaufbau im Körper verwendet, während die überschüssigen stickstoffhaltigen Stoffe der Nahrung, wie auch die aus dem ständigen Abbau der Zellmasse freiwerdenden Stickstoffverbindungen in zumeist kurzer Zeit den Körper verlassen.

Die genaue Beachtung der für das Tier erforderlichen Eiweißgabe ist notwendig, da das Eiweiß durch keinen anderen Nährstoff ersetzt werden kann, gewisse tierische Leistungen aber, besonders z. B. Arbeit, billiger und unter minderer Belastung des Körpers durch Zugabe von stickstofffreien Stoffen ermöglicht werden. Wirtschaftlich ist die richtige Eiweißgabe recht wichtig, weil Eiweiß der teuerste Nährstoff ist. Forschungen über den Eiweißbedarf bei Arbeitspferden verdienen daher weitgehende Förderung.

Nach den letzten Zählungen beträgt der deutsche Pferdebestand 3,704 Mill.[1], wobei die Angaben des ehemaligen Österreichs aus dem Jahre 1934 stammen. Kann deshalb je Tier und Tag eine Eiweißmenge von nur 50–100 g auf Grund von Forschungen über den erforderlichen Eiweißbedarf des Arbeitspferdes weniger verabreicht werden, so würden bei einer Einsparung von nur 50 g täglich 185,2 t bzw. im Jahr 66672 t Eiweiß für andere Zwecke verfügbar sein.

Entsprechend könnten von dem so überschüssigen Eiweiß 6,173 Millionen Menschen mit Pflanzeneiweiß (je 30 g für Kopf und Tag) versorgt werden[2]. Diese Gegenüberstellung zeigt deutlich, wie wichtig es ist, über den Eiweißbedarf bei Pferden Klarheit zu haben, um die Fütterung wirtschaftlich zu gestalten und dem Volksvermögen kostbare Werte zu erhalten.

Die Aufgabe dieser Untersuchungen kann im wesentlichen nur darin liegen, den Eiweißbedarf unter bestimmten Voraussetzungen zu erforschen. Bei der Auswertung werden daher im besonderen die Umwelteinflüsse und hre Wirkungen auf den Eiweißbedarf zu prüfen sein.

Man versuchte bereits bei den ersten diesbezüglichen Forschungen, den Eiweißbedarf in bestimmte Beziehungen zur Umwelt zu bringen. So kam Thomas [8] in seinen Untersuchungen über den Eiweißmindestbedarf zu dem Ergebnis, daß sich die erforderliche Eiweißmenge in bezug auf die Einheit Körpergewicht in ähnlicher Weise verändert wie der Grundumsatz, wonach also kleine Tiere eine relativ höhere Stickstoffmenge beanspruchen als große, was später E. F. Terroine und H. Sorg-Matter [9] bestätigen konnten. E. Voit und A. Korkunoff [10] waren der Ansicht, daß der Eiweißbedarf in gleichem Verhältnis zur Masse lebender Zellen stehe. O. Kellner [11] teilt mit, daß die Eiweißzufuhr für den Unterhalt nach dem Körpergewicht berechnet werden kann. Aus den Versuchen H. Moellgaards [12] geht jedoch eindeutig hervor, daß der Verbrauch an verdaulichem Eiweiß je 100 kg Lebendgewicht um so größer ist, je weniger das Tier wiegt, und daß mit steigendem Lebendgewicht der Eiweißbedarf je Gewichtseinheit abnimmt. Weiterhin konnten E. F. Terroine und H. Sorg-Matter [13] feststellen, in welcher Weise sich Temperaturveränderungen auf das Eiweißminimum auswirken. Bei niedriger Temperatur — also bei stärkerer Anspannung der chemischen Wärmeregulation — ist das Minimum an Stickstoff höher, als in wärmerer Umgebung. E. F. Terroine und T. Reichert [14], Sherman und Gettler [15], MacCollum und Hoagland [16] finden u. a. bei salzfreier Nahrung ein höheres Stickstoffminimum als bei Verabreichung einer geeigneten Salzmischung. Dieser verstärkte Eiweißabbau ist nach ihrer Ansicht wahrscheinlich auf eine Störung des Ionengleichgewichts zurückzuführen. Die Zuführung saurer Salze, die im Stoffwechsel

[1] Davon entfallen 3,443 Mill. auf das Altreich, vgl. Wirtschaft und Statistik **19** (1939) 46 und 0,261 Mill. (261217) auf das frühere Österreich, vgl. Stat. Jahrb. f. d. Deutsche Reich **57** (1938) 117. Sudetenland ist noch nicht berücksichtigt.

[2] Bei 80–120 g Gesamtbedarf je Tag und Kopf. Die überschießende Menge wird durch tierisches Eiweiß gedeckt werden.

zur Bildung von Säuren führen, verursacht nach E. F. Terroine und H. Champagne [17] ebenfalls ein höheres Stickstoffminimum, welches bei Zufuhr basischer Salze wieder gesenkt werden kann.

Ferner wirken Ernährungszustand, Rasse, Alter u. a. m. auf das Eiweißbedürfnis ein, so daß es oft schwierig ist, den eigentlichen Mindestbedarf zu bestimmen. Man versteht daher unter einem absoluten Eiweißminimum diejenige Menge verdaulichen Eiweißes, die selbst bei Verabfolgung großer Mengen verdaulicher stickstofffreier Stoffe nicht weiter gesenkt werden kann. Das relative Eiweißminimum hingegen gibt die Eiweißmenge an, bei der das Tier bei einer ganz bestimmten Nahrung noch im Stickstoffgleichgewicht ist.

B. Bisherige Ergebnisse über den Eiweißbedarf bei Pferden in Ruhe.

In den Pferdefütterungsversuchen von E. v. Wolff [18] findet man eingehende Prüfungen über die Verdaulichkeit einzelner Futtermittel durch das Pferd. Weiterhin sind über den Gesamtfutterbedarf bei Ruhe und Arbeit Versuche durchgeführt worden, zu denen dann etwa zur selben Zeit L. Grandeau und A. Leclerc [19] und auch A. Müntz [20] bei ihren Untersuchungen mit Pariser Omnibuspferden wertvolle Ergänzungen lieferten. Auch N. Zuntz [21] und Mitarbeiter konnten durch die Erforschung des Gaswechsels bei verschiedenen Arbeitsleistungen wichtige Beiträge zur Kenntnis des Nährstoffbedarfs bei Pferden bieten. Alle haben jedoch die Bedeutung des Eiweißes als wichtigsten und teuersten Nährstoff nicht voll beachtet, sondern rechneten stets nur nach dem Gesamtnährstoffbedarf. So wurde vermutlich oftmals zuviel Eiweiß in der täglichen Futtergabe verabreicht. Mit der Entwicklung der Fütterungstechnik und der inzwischen wesentlich erweiterten Kenntnis über den Eiweißstoffwechsel erwächst uns daher die Aufgabe, den Eiweißbedarf für das Pferd in ähnlicher Weise, wie dies schon z. T. bei anderen Haustieren geschehen ist, einer kritischen Untersuchung zu unterziehen.

Aus den Arbeiten von L. Grandeau und A. Leclerc kann man wenigstens einige Schätzungswerte über den Eiweißbedarf ermitteln. Beide Forscher haben mit mehreren Pferden längere Zeit Versuche über den Nährstoffbedarf bei Ruhe durchgeführt. Aus den Stickstoffausscheidungen im Harn kann man daher annähernd bestimmen, wie hoch der Eiweißbedarf je Tier und Tag vermutlich war. Inwieweit allerdings Fehler beim Sammeln des Harnes oder anderweit aufgetreten sein können, ist unbekannt. Die Stickstoffabgaben im Harn, den Hautschuppen und im Haar bleiben unberücksichtigt.

Pferd I scheidet in den drei Bilanzen 59 g, 65 g und 64 g Stickstoff aus. Nimmt man den Durchschnitt mit 63 g an, dann würde dies als

Stickstoff-Bilanz nach Untersuchungen von Grandeau und Leclerc bei 3 Pferden in Ruhe.

Pferd	N im Futter	N im Harn	N im Kot	N in d. Ausscheidungen	N-Bilanz
I	93,967	59,240	23,592	82,832	+11,135
	91,942	65,088	19,832	84,920	+ 7,022
	92,830	64,676	23,050	87,726	+ 5,104
II	92,967	44,500	30,029	74,529	+18,438
	94,029	53,480	28,695	82,175	+11,854
	92,830	56,042	27,073	83,772	+ 9,058
III	93,967	60,630	21,213	81,843	+12,124
	92,777	61,290	21,898	83,188	+ 9,589
	94,340	59,631	23,390	85,021	+ 9,319

Mittelwert für das Stickstoffgleichgewicht anzusehen sein. Für Pferd II und III errechnet man in ähnlicher Weise 51 und 60 g Stickstoff. Der Erhaltungsbedarf an verdaulichem Eiweiß würde demnach losgelöst von allem anderen zwischen 318 g–394 g liegen. Aus den durchschnittlichen Lebendgewichten bestimmt man des besseren Vergleichs wegen die erforderlichen Stickstoff- und Eiweißmengen je 1000 kg Lebendgewicht:

Pferd	Körpergewicht	Für 1000 kg Lebendgewicht	
		Stickstoff	verdaul. Eiweiß
	kg	g	g
I	434	145	906
II	413	123	769
III	435	137	856

Diese Rechnungsweise kann selbstverständlich nur ein Versuch sein, den Stickstoffmindestwert annähernd zu bestimmen, denn es sind hierbei noch eine ganze Anzahl von Hauptpunkten unberücksichtigt geblieben. Immerhin können diese Ergebnisse, da sie in langfristigen Untersuchungen erforscht wurden, Anhaltswerte liefern. Henry und Morrison [22] verabreichen 800 g verdauliches Rohprotein je 1000 kg Lebendgewicht. Sie glauben, daß ein Pferd aus Gesunheitsrücksichten nicht längere Zeit hindurch an der untersten Eiweißgrenze ernährt werden kann. Nils Hansson [23] schätzt den Mindestbedarf an verdaulichem Reineiweiß auf 65–70 g je 100 kg und Moellgaard [24a] auf 60 g Eiweiß je 100 kg Lebendgewicht. Die Angaben sind nicht genügend eindeutig, so daß ein Vergleich kaum möglich ist. Denn die

Unterschiede bezüglich des verdaulichen Rohproteins oder Reineiweißes verdienen eingehende Beachtung. Mit diesen wenigen Mitteilungen ist das uns bekannte und zugängliche Schrifttum erschöpft und weiterhin sind wir fast ausschließlich auf eigene Untersuchungen angewiesen.

C. Forschungen zur Ermittlung des Erhaltungsbedarfes an Eiweiß bei Arbeitspferden in Ruhe.

Früher [24b] wurde bereits die Technik vorliegender Fütterungsversuche knapp mitgeteilt. Inzwischen sind weitgehende Verbesserungen der Versuchsverfahren erfolgt, so daß eine Reihe wichtiger Fragen, die damals aus mancherlei Gründen nicht berücksichtigt werden konnten, jetzt mehr Beachtung fanden. So ist u. a. die richtige Auswahl der Versuchstiere für das Gelingen wissenschaftlicher Pferde-Fütterungsversuche wesentlicher, als man allgemein annimmt.

Da sich durch Haltung und Züchtung im Laufe der Zeit einzelne Rassen mit bestimmten Eigenschaften herausgebildet haben, so können wir nach Erforschung der Ernährungsbedingungen mehrerer Tiere mit gutem Recht annehmen, daß bei den anderen Tieren derselben Rasse zumindest ähnliche Verhältnisse vorliegen. Bei Kleintierversuchen ist man leichter in der Lage, eine größere Anzahl von Versuchstieren heranzuziehen, als beim Versuch mit Großtieren; denn hier spielen Anschaffungs-, Unterhaltungs- und Versuchsunkosten eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Bei Pferdefütterungsversuchen wird man selten mehr als zwei Tiere gleichzeitig verwenden können, zumal wenn man den ganzen Versuch, auch die Arbeitsleistungen, mit peinlicher Sorgfalt zum Ablauf bringen und die gesamten Umwelteinflüsse entsprechend erfassen will. Je sicherer der Einzelversuch verläuft, desto eher wird man das Ergebnis auf die Allgemeinheit übertragen können. Deshalb wird man in Zukunft durch Wiederholung der Versuche mit andern Pferden das Ergebnis immer weiter zu verbessern suchen. Oben wurde bereits auf die Auswahl der Versuchstiere hingewiesen. Nach unseren Erfahrungen ziehe man junge Pferde nur ausnahmsweise zu Untersuchungen heran. Infolge ihrer Lebhaftigkeit, Unruhe usw. wird der Versuch nicht selten störend beeinflußt, oftmals sogar völlig undurchführbar. Auch neigen junge Tiere leicht zu Unregelmäßigkeiten in der Futteraufnahme, wie auch Benagen der Holzteile im Stand, Harnverhalten, weiter zu mancherlei Untugenden, wie Schlagen und Beißen, wie wir das mit unserem 1. Versuchstier erlebten. Die übrigen Versuchstiere hingegen waren für unsere Untersuchungen recht gut geeignet. Ältere Pferde — etwa zehnjährig — pflegen im allgemeinen genügend ruhig und ausgeglichen zu sein. Unsere Versuchstiere waren 10-, 12- und 13-jährig. Noch ältere Pferde auszuwählen, ist wegen der Veränderung des Gebisses mit zunehmendem Alter nicht ratsam. Deswegen ist aber nicht gesagt, daß die Kautätigkeit mit zunehmendem Alter abnimmt. Vielmehr hat R. Steinhardt [25] feststellen können, daß die Kautätigkeit bei einzelnen Pferden sehr

verschieden vor sich geht, ohne daß das Alter hierbei entscheidend mitspricht. Bei der tierärztlichen Untersuchung, die jedem Versuch vorangehen muß, achte man besonders auf die Beschaffenheit der Zähne. Leidet das Pferd an Zahnschmerzen oder fehlen mehrere Zähne, so wird das Ergebnis von Fütterungsversuchen unzulänglich. Weiter achte man auf gesunde Verdauungsorgane, soweit dies durch tierärztliche Untersuchungen feststellbar ist. Eine Wurmkur ist vor größeren Fütterungsabschnitten unerläßlich. Ferner ziehe man nur Tiere mit voll gesunden Gliedmaßen und gutem Hufbeschlag zu Versuchen heran. In welchem Maße krankhafte Beine die Leistungsfähigkeit im Vergleich zum gesunden Tier beeinflussen, hat N. Zuntz [26] bewiesen. Werden mehrere Pferde hintereinander oder nebeneinander zu Versuchen benutzt, so wähle man Pferde gleicher Rasse, Herkunft, gleichen Körperbaus, gleicher Futteraufnahme usw. aus. Denn dadurch wird man am besten alle das Ergebnis beeinflussenden Unterschiede, wie auch die auf das Versuchstier jeweils einwirkenden Umweltbedingungen, überbrücken. Unsere Versuchspferde gehören alle zum Typ schweren Warmbluts mit Kaltbluteinschlag. Es ist wünschenswert, Pferde mit möglichst gleichem Gewicht zu besitzen, da dann bei Arbeitsleistungen der Nährstoffbedarf für die Eigengewichtsfortbewegung für alle Pferde annähernd gleich groß ist. Bis jetzt ist der Energiebedarf für die Eigenbewegung noch nicht sicher experimentell erforscht. Da aber vermutlich der Bedarf für die Fortbewegung bei Tieren derselben Eigenschaften auch gleich groß ist, so kann man, solange diese Frage noch offen steht, für die Eigengewichtsbewegung bei mehreren Tieren mit demselben Gewicht stets mit der gleichen Rechnungsweise arbeiten, ohne wahrscheinlich größere Fehler in der Berechnung des Nährstoffüberschusses bei Arbeitsleistungen zu begehen.

Die Wahl des Geschlechts richtet sich nach der Art des Versuches. Werden Fütterungsversuche in der Praxis durchgeführt, so ist nach Ansicht von K. Temper [27] die Stute — wenn es sich um Stallversuche und ruhige Tiere handelt — dem Wallach überlegen. Der Wallach hingegen verdient nach M. Teschner [28] bei Versuchen während der üblichen Arbeitsweise entschieden den Vorzug. Für die weitgehenden, am Institut durchgeführten Versuche, ist der Wallach zu bevorzugen. Aus den weiteren Ausführungen über Bau und Beschaffenheit der Auffanggeräte für Kot und Harn wird dies ohne weiteres ersichtlich. Bei Unterbringung der Pferde im Versuchsstall sollen die Tiere ruhig stehen, nicht durch Störungen beeinflußt werden und Belästigungen durch Insekten nicht ausgesetzt sein.

Noch bei E. v. Wolffs [29] Versuchen begnügte man sich mit verhältnismäßig einfachen Stalleinrichtungen. Das Versuchstier mußte während der gesamten Dauer eines Versuchsabschnittes in einem Zementstall stehen, ohne sich hinlegen zu können. E. v. Wolff [39] mißt zwar dem allgemeinen Wohlbefinden des gesunden Tieres keinen Einfluß auf die Versuchsergebnisse bei und benutzt u. a. ein Pferd, das immer stehend schlief. Sollten indes in unserem Institut einmal Versuchstiere verfügbar sein, die ein starkes Ruhebedürfnis haben, wie man das mitunter bei Pferden vorfindet, so dürften Versuche mit Tieren bei ausreichender Ruhe im Gegensatz zu Pferden, die gezwungen sind, wochenlang Tag und Nacht zu stehen, aufschlußreiche Werte vermitteln. Nach Untersuchungen von G. Lehmann [31] sinkt das gesamte Ausmaß des Grundumsatzes während des Schlafs bei liegenden Tieren beträchtlich.

Die in neuerer Zeit von Z. M. Bacq [32], F. Groebbels [33] und D. Herzog [34] ausgeführten Versuche ergaben ebenfalls während der Nacht beim Liegen der Tiere einen geringeren Stoffumsatz als am Tage, so daß bei einem zu dauerndem Stehen in den Ruhezeiten veranlaßten Pferd der Energieverbrauch als gesteigert zu betrachten ist. Daher müssen bei einem Fütterungsversuch hinsichtlich des Liegens die Verhältnisse, wie sie in der Praxis bestehen, vorliegen.

Die Tiere müssen sich im Versuchsstall wohlfühlen. Dazu soll der Stall groß genug, trocken und frei von Zugluft sein und Stallfußboden wie auch Einstreu dem Pferd eine ausreichende Ruhestätte gewähren. Die Aufstallung des Versuchstieres ist aus der Seitenansicht eines Versuchsstandes deutlich zu ersehen.

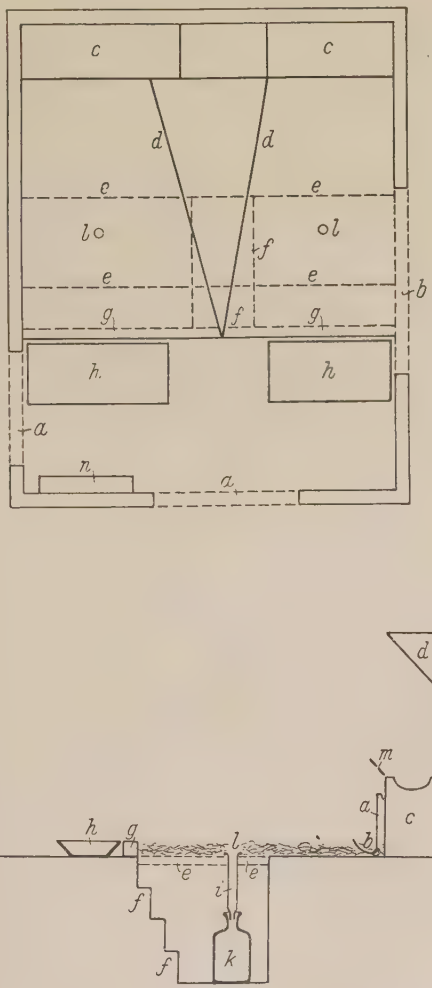


Abb. 1. Grundriß und Seitenansicht.

Unter dem Stallfußboden, der aus starken Bohlen besteht, steht in einer Vertiefung (*e*) die Harn-Sammelflasche (*k*). Die Bohlenunterlage (*e*) ist mit einer Durchbohrung (*l*) versehen, durch welche ein Ableitungs-Schlauch von dem Harntrichter durch ein Führungsrohr (*i*) zur Harnflasche (*k*) geleitet wird.

Ist diese Durchbohrung zu weit hinten gelegen, so wird durch Treten und Schlagen mit den Hinterbeinen der Harnableitungs-Schlauch leicht beschädigt oder auch aus dem Führungsrohr (*i*) herausgerissen. Ähnlich, wenn das Bohrloch zu weit vorn ist. Die Krippe ist mit einer Überhöhung versehen, damit kein Futter verloren geht. Als Anbindevorrichtung dient ein Rundeisenstab (*a*), der in der Mitte der Krippe eingelassen und an der ein beweglicher Ring (*b*) mit dem Anbinderiemen verbunden ist. — Dadurch hat das Pferd nach beiden Seiten gleiche Bewegungsfreiheit und außerdem wird ein übermäßiges Zurücktreten, wie das beim seitlichen Anbinden vorkommen kann, verhindert. — Die Versuchsstände sind außen durch eine Mauerwand und innen durch eine bewegliche Bretterwand (*d*) begrenzt. Nicht selten findet man Pferde im Stall quer zur Krippe stehend. Dabei ist beim Versuch die Gefahr des Herausreißens des Harnschlauches

sehr groß. Damit dies verhindert wird, andererseits aber auch die Pferde nicht unnötig beengt werden und sich gut hinlegen und aufstehen können, stellen wir sie in einem Stand auf, der vorn schmal ist und nach hinten breiter wird. Die Beweglichkeit der Trennwände war notwendig, um zur Versenkung (*f*) gelangen zu können. Diese selbst ist mit starken Bohlen verschlossen und mit Treppe (*f*) versehen. Zur Abgrenzung des Standes nach hinten, und um zu verhindern, daß das Pferd in den Kotkasten tritt, dient ein Balken (*g*).

Über der Bohlenunterlage lagert eine 15–20 cm starke Torfschicht als Einstreu. Bevor Torf endgültig gewählt wurde, hatten die Pferde eine Gummiplatte als Unterlage. Diese Unterlage ist jedoch keineswegs empfehlenswert. Die Pferde haben nie Neigung gezeigt, sich hinzulegen, auch bestand durchaus die Gefahr des Ausgleitens. Ferner bereitete die Befestigung der Gummiplatte mancherlei Schwierigkeiten. Ob sonst irgendwelche Polsterungen oder Matten ratsam wären, bleibe dahingestellt. Mit unserer Torfstreu-Unterlage haben wir erreicht, daß sich die Tiere auch während der Bilanzen, bei denen sie einen Harntrichter und ein Kottuch tragen, zu jeder Tages- und Nachtzeit, sobald sie irgendwelche Müdigkeit verspüren, hinlegen. Dadurch kann man die Bilanzen mit kurzen Zwischenräumen aufeinander folgen lassen, wie auch über längere Zeiträume ausdehnen, ohne daß die Versuchsergebnisse durch Überanstrengung der Tiere ungünstig beeinflußt werden. Ein Fressen der Torfstreu ist nie beobachtet worden. Um dies zu vermeiden, könnte man den vorderen Teil des Standes mit etwas Karbolineum oder Petroleum befeuchten, vielleicht auch besser mit bitterschmeckendem Stoff. Durch häufige Benutzung des Torfes machte sich der Staub besonders auf dem Haarkleid der Pferde ungünstig bemerkbar, dem Übel war aber leicht durch leichtes Besprengen des Torfs mit Wasser abzuhelfen.

Während die Versuchstiere im Stall stehen, ist unter dem After ein Kottuch angebracht, über das der Kot in einen Kasten fällt. Das Anbringen des Kottuches geschieht mittels dreier Karabinerhaken an einem Bügel, der mit dem Bauchgurt in Verbindung steht. Dieser Bügel ist durch Watte und Binden umkleidet, damit das Tier nicht belästigt wird.

Die oberen Enden des Bügels sind durch zwei Gurte mittels Schnallen am Rücken des Bauchgurtes befestigt, wodurch ein Verschieben des Kottuches verhindert wird. Als Bauchgurt diente zunächst ein gewöhnlicher Weidegurt. Dieser hat sich jedoch nicht bewährt, da er zu fest am Tier anliegt und die Ledereinlagen und Schnallen das Tier beim Ruhen behindern. Der Gurt ist daher durch ein breites Gummiband ersetzt worden. Damit es stets in der gleichen Lage bleibt, führen von seinem Rückenteil aus zu beidenSeiten des Halses zwei Gummibänder zur Brust. Am unteren Teil des Bauchgurtes ist der Harntrichter befestigt. Die obere Öffnung desselben entspricht etwa einem Dreieck, dessen eine Spitze nach dem After zu in einer Mullbinde endigt, die an dem unteren Teil des Bügels befestigt ist. Die einzelnen Gummistreifen stehen durch Knöpfe, Ösen oder Haken miteinander in Verbindung. — Das Kottuch ist nicht zu klein zu wählen. Sein unterer Teil ist durch zwei Karabinerhaken an zwei starken Schnuren befestigt, die an der Decke des Stalles ähnlich wie bei E. v. Wolffs Versuchen [35], so angebracht sind, daß das Tuch auch beim Hinlegen des Pferdes dauernd schwebend gehalten wird.

Die Größe des Kottuches geht aus der beigefügten Abbildung hervor. Als Stoff dient gummierte Leinwand, wodurch eine glatte Oberfläche und ein reibungs-

loses Herabgleiten des Kotes bewirkt wird. Der Kot wird in einem Kasten aufgefangen und von dort in bestimmten Zeitabständen in Behälter gefüllt. In der Arbeitszeit wird er mittels Auffangeimer gesammelt. Dieses Verfahren hat sich den Kotbeuteln gegenüber, die das Pferd beträchtlich behindern, bisher am besten bewährt. Dasselbe gilt für das Harnauffangen während der Arbeit. — Muß man auch im Stall den Harn der Versuchstiere durch menschliche Hilfskräfte auffangen, so werden die Kosten einer Bilanz ganz erheblich höher. Außerdem kommt hinzu,

Abb. 2. Versuchspferd mit Harntrichter und Kottuch.

daß man für diese Versuche selten für lange Zeit wirklich zuverlässige und geeignete Helfer findet. Die bisher im allgemeinen verwendeten Trichter weisen Mängel auf. Deshalb haben wir versucht, einen Trichter zu bauen, der den Formen des Tieres angepaßt ist und dem Pferd keine Beschwerden beim Harnlassen wie auch beim Hinlegen und Aufstehen verursacht. Die hier verwendete Form liegt nicht fest an der Bauchdecke an, sondern ist nur mit dem vorderen Teil am Bauchgurt befestigt. Das hintere Ende ist durch eine Mullbinde am Afterbügel angebracht, so daß der Trichter völlig locker und zum Teil ganz frei unterhalb des Bauches seine Lage hat. Durch diese Anbringungsweise konnte bei keinem unserer Versuchstiere irgendwelche Beeinträchtigung des Wohlbefindens während des Stallaufenthaltes oder etwa gar ein Harnverhalten festgestellt werden, ebensowenig Harnverluste. Von außen ist der aus Gummi bestehende Trichter mit einer festen Leinwandhülle überzogen, die den Zweck hat, ihn vor Beschädigungen zu bewahren. Der Trichter selbst besteht aus bestem Paragummi, damit er allen Anforderungen gewachsen ist. An ihn schließt sich nach unten ein 1,30 m langer Gummischlauch an. Er reicht durch die Öffnung im Bodenbelag in ein Führungsrohr, das in die Harnflasche hineinragt. Damit kein Torf durch das Rohr in die Flasche gelangt, ist der Schlauch in der Nähe der Bodenöffnung mit einer Schutzhülle aus Leinwand versehen, die am Bodenbelag und am Schlauch befestigt ist.

Die Länge des Schlauches ist so groß gewählt worden, damit bei Vorwärts- oder Rückwärtsbewegungen des Tieres wie auch beim Aufstehen und Hinlegen ein völliges Herausziehen des Schlauches aus dem Führungsrohr unmöglich ist.

— Infolge der durch Knöpfe und Haken verbundenen Gummibänder ist es möglich, den Harntrichter mit wenigen Handgriffen dem Tier anzulegen oder abzunehmen. Außerdem ist er mit dem anschließenden Schlauch vor und nach jedem Gebrauch bequem zu reinigen, da sich sonst Beschädigungen oder Verstopfungen des Schlauches bilden können. Die Versuchstiere haben sich stets sehr schnell an die hier beschriebenen Einrichtungen gewöhnt, weil ihnen in keiner Weise Druckstellen, Beschwerden oder sonstige Behinderungen erwachsen. Es verging fast kein Tag, ohne daß die Tiere mehrere Nachtstunden hindurch lagen und sich so hinreichend erholen konnten. Während vieler Versuchsreihen der letzten Jahre sind bis auf ganz vereinzelte Ausnahmefälle, die jedoch stets bemerkt werden konnten, keine Harnverluste vorgekommen. Die Harnflasche in der Vertiefung zum Sammeln der täglichen Harnmenge faßt 30 kg. Diese Größe ist notwendig, damit einmal mit Sicherheit die täglich anfallende Harnmenge auch tatsächlich aufgenommen wird und schließlich auch ein reibungsloses Hin- und Hergleiten des Schlauches gewährleistet ist.

Über die Verfahren zur Gewinnung guter Durchschnittsproben beim Futter hat bereits u. a. auch H. Moellgaard [36] ausführlich berichtet. Wegen des wechselnden Trockenstoffgehaltes, schreibt Moellgaard, ist es notwendig, die gesamte Futtermenge für die ganze Versuchszeit an einem Tag abzuwiegen. Selbst wenn dann das Futtermittel infolge seiner vielleicht vorliegenden Wasseranziehungskraft feuchter wird oder bei großer Hitze Wasserdampf an die Umgebung abgibt, so bleibt doch die Trockenmasse stets dieselbe. In vorliegenden Versuchen wird stets das für die gesamte Versuchszeit benötigte Futter in den täglichen Gaben und an einem Tag vor dem eigentlichen Versuchsbeginn eingewogen. Hierzu dienen Blechgefäße mit Deckel, die im Handel als „Hobbocks" bezeichnet werden. Sie haben Zylinderform und sind bei einem Durchmesser von 45 cm 70 cm hoch. Die Aufbewahrungsbehälter müssen wenigstens so groß sein, daß die tägliche Futtergabe, wie in diesem Fall Hafer und Häcksel, bzw. Heu, bequem darin Platz findet. Diese Art der Aufbewahrung ist dem Einwiegen des Futters in Säcken entschieden vorzuziehen. Denn die sorgfältige Reinigung der Futtersäcke zumal bei mehlartigem Inhalt dürfte namentlich nach längerem Gebrauch schwierig sein. Beim Einwiegen wird von jeder Futtergabe eine Probe des Hafers und Häcksels getrennt entnommen. Die Hafer- wie auch Häckselproben werden für sich gemischt und zur Analyse verwendet. Jeder Hobbock ist mit einem Deckel versehen, auf welchem verzeichnet ist: Name des Pferdes, der Tag, für welchen die eingewogene Futtergabe bestimmt ist und der Inhalt. Damit sind Verwechselungen ausgeschlossen. Das Mischen des Hafers und Häcksels vor der Einwaage ist leicht ausführbar. Weit schwieriger ist es, eine gleichmäßige Verteilung des Heues für die einzelnen Futtertage zu erreichen. Zu diesem Zweck wird von dem vorhandenen Heu zunächst etwas mehr als die benötigte Menge entnommen. Diese Heumenge wird sorgfältig mehrere Male umgeschichtet, wobei ein Durchschütteln tunlichst zu vermeiden ist, da sonst die zarten Blättchen von ihren Stengeln abbrechen. Von diesem so behandelten Heu werden unter ständiger Entnahme von Proben die täglichen Gaben in Hobbocks eingewogen und in derselben Weise wie die Hafer-Häcksel-Hobbocks beschriftet. Bei frischen, wenig abgelagerten Futtermitteln schließe man namentlich bei warmem Wetter den Deckel nicht fest ab, damit die Luft freien Zutritt hat und Gärungen, etwa infolge des von den Futtermitteln abgeschiedenen Wasserdampfes, nicht schaden.

Die einzelnen Durchschnittsproben der Futtermittel werden gemahlen und jede für sich analysiert. Von Mischfutterproben ist, wie auch H. Moellgaard [37] fordert, wegen der erschwerten analytischen Bestimmung der Nährstoffe abzusehen.

Die Mitteilungen früherer Arbeiten beschränken sich im wesentlichen darauf, das Ergebnis der Stickstoffbilanzen mitzuteilen, ohne jedoch auf die Ursachen eines vermehrten oder verminderten Stickstoffumsatzes während der Bilanzen näher einzugehen. Infolgedessen wurden Angaben über Fütterung und Verdauung zumeist nur soweit mitgeteilt, als sie zur Klärung der Ergebnisse erforderlich waren. Bei Forschungen nach dem Erhaltungsbedarf an Eiweiß ist jedoch die Kenntnis der niedrigsten Eiweißzufuhr unerläßlich. Ist erst einmal die untere Eiweißgrenze bei verschiedenen Verhältnissen bekannt, dann bereitet die Bestimmung des Eiweißerhaltungsbedarfs keine großen Schwierigkeiten. Die Feststellung des Eiweißmindestbedarfs erfordert jedoch bestimmte Voraussetzungen hinsichtlich der Umwelt, Fütterung, wie auch im Tiere selbst, da kein anderer Nährstoff solch mannigfache Aufgaben wie gerade das Eiweiß zu erfüllen hat. Man wird deshalb bestrebt sein, verschiedene Versuchsreihen durchzuführen, um so die Wechselwirkungen des Eiweißes, sei es als Stoffbildner, als Energieträger u. dgl. überhaupt erforschen zu können. — Ausgehend von H. Moellgaards [38] Ansicht, Eiweißminimumbestimmungen möglichst bei der Ernährungsgleichgewichtsgrenze vorzunehmen, sind daher auch die übrigen Nährstoffe nur in den dazu erforderlichen Mengen verabreicht worden. Ganz genau wird man dieser Forderung zumindest bei Versuchen ohne Respirationsapparat oder gar bei Arbeitsbilanzen kaum nachkommen können. Denn die Ernährungsgleichgewichtsgrenze ist durch allerlei Umwelteinflüsse recht erheblichen Schwankungen unterworfen, dadurch wird naturgemäß der Bedarf an Eiweiß einem fortwährenden Wechsel ausgesetzt. Weil uns der Eiweißbedarf noch unbekannt ist, warnt daher H. Moellgaard nachdrücklich vor Stickstoffuntersuchungen über dem Ernährungsgleichgewicht. Er teilt weiter mit, daß man unter dieser Voraussetzung die Versuche stets nach einer Richtung durchzuführen habe, da sonst nie beurteilt werden kann, in welchem Maße das Eiweiß unter gegebenen Verhältnissen außer zu Ernährungszwecken, noch anderen Aufgaben, wie z. B. der Energieerzeugung dient. Diese Erkenntnisse liegen unseren Futtergaben zugrunde. Das tägliche Futter ist daher so bemessen, daß das Ernährungsgleichgewicht nicht überschritten wird. Teilweise ist daher in der Futtergabe neben der Eiweißmenge auch der Stärkewert sehr niedrig. Erst die Prüfungen bei niedrigem, mittlerem und hohem Stärkewert in der Futtergabe werden daher zu dem gewünschten Ergebnis führen. Daraus wird dann weiter zu ersehen sein, inwieweit das Eiweiß in den einzelnen Versuchsreihen, namentlich bei stärkewertreichem Futter am Gesamtstoffwechsel beteiligt ist und bei der Energieerzeugung zurückgedrängt wird. Von den im Futter gereichten Nährstoffen fesselt im besonderen die Menge des verabreichten verdaulichen Eiweißes. Schon längst ist man in der Fütterung dazu übergegangen, die Nährstoffe nach ihrem Verdaulichkeitsgrad bei der Futtergabe einzusetzen. Lange Zeit bewertete man das Futter hinsichtlich seines Eiweißes nach seinem Gehalt an verdaulichem Rohprotein. Mit der Erforschung und Kenntnis der Amidstoffe, die namentlich in pflanzlichen Futtermitteln einen recht ansehnlichen Anteil ausmachen, ging man dazu über, den Eiweißgehalt eines Futtermittels durch Abzug der Amide vom verdaulichen Rohprotein auch nach verdaulichem Reineiweiß zu bestimmen.

Während man früher den Amiden jede Mitwirkung am Eiweißaufbau der Tiere absprach, weiß man inzwischen, daß doch, namentlich beim Wiederkäuer, die Amidstoffe am Eiweißaufbau teilhaben. Für Einhufer, somit auch für unsere Arbeitspferde, trifft dies nach den bisherigen Forschungen nicht zu. Hier empfiehlt es sich daher, die Amidwirkung der Futterstoffe bei der Erforschung des Eiweißumsatzes außer Acht zu lassen, und die Futtergabe nach ihrem Gehalt an verdaulichem Reineiweiß zu bewerten. Obwohl mehrere Verfahren zur Bestimmung des Reineiweißes im Futter bekannt sind, bleibt doch die letzte Entscheidung über den Verdaulichkeitsgrad desselben dem Tierversuch vorbehalten. Weiter ist nach Möglichkeit bei Änderungen der Futtermenge dem Gehalt an verdaulicher Rohfaser Rechnung zu tragen. Deshalb bleibt bei uns die Heu- und Häckselgabe stets unverändert.

Die Vitaminversorgung ist bei Verfütterung mehrerer Futtermittel, namentlich bei Verabfolgung von gutem, einwandfrei geerntetem jungen Heu, nach P. Ehrenberg [39], H. Moellgaard [40] und N. Hansson [41] meist hinreichend gewährleistet. Weniger trifft dieses oftmals für den Mineralstoffbedarf zu. Besonders dann, wenn die Pferde zu starken Leistungen herangezogen werden, wobei sie reichlich Wasser aufnehmen und wieder verlieren. Ferner kann bei Mineralstoffmangel das veränderte Säuren- und Basenverhältnis, vgl. H. Moellgaard [42], im Tierkörper zu Störungen führen, die den Ablauf physiologischer Vorgänge nach dieser oder jener Richtung beeinflussen. Auf Grund der Erfahrungen von O. Kellner [43] und P. Ehrenberg [44] haben die Pferde 20 g Viehsalz und 20 g Schlemmkreide je Tier und Tag erhalten. Allerdings ist die Salzmenge etwas größer, als beide Forscher für ausreichend erachten. Die verfütterte Heugabe ist jedoch nicht hoch. — Bei irgendwelchen Änderungen des Futters ist stets nur der Haferanteil vermindert oder vermehrt worden. Bei weiteren Versuchen wird jedoch noch besonders zu prüfen sein, wo das Eiweißminimum bei verstärkten Rauhfuttergaben liegt, zumal dieser Gesichtspunkt auch für die Praxis von Bedeutung ist.

Die in den verschiedenen Jahreszeiten verabreichten Nährstoffmengen sind aus der Aufstellung zu ersehen. Der besseren Übersicht wegen sind die Bilanzen in zeitlicher Reihenfolge gegeben. Von 1–9 sind sie z. T. bereits in früheren Untersuchungen über Eiweißminimumbestimmungen bei Arbeitspferden [45] besprochen worden. Die durch die chemische Analyse bestimmten Zahlenwerte beziehen sich auf die im Futtermittel vorhandene Trockenmasse.

In der 10. und 11. Bilanz wurden die N-Bilanzprüfungen mit Pferd III allein durchgeführt. Durch Ausbau der Stalleinrichtung konnten jedoch später stets zwei Pferde zu gleicher Zeit untersucht werden. Dieses Verfahren verdient entschieden den Vorzug Einzelprüfungen gegenüber, zumal wenn die Versuchstiere in Alter, Freßlust, Futteraufnahme, Verdauung u. dgl. nach Möglichkeit übereinstimmen.

Die Eiweißverwertung ist in mannigfacher Weise vom jeweils verabreichten Stärkewert abhängig. Auch in diesem Versuch ist der Stärke-

Zusammensetzung des Futters in % der Trockenmasse.

10. Bilanz: 12. 1. bis 18. 1. 1936. Versuchstier III.
11. Bilanz: 6. 2. bis 11. 2. 1936. Versuchstier III.
12. Bilanz: 20. 3. bis 26. 3. 1936. Versuchstier III, IV.

Futtermittel	Trockenmasse	Organische Stoffe	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extraktstoffe	Rohprotein	Reineiweiß
	%	%	%	%	%	%	%	%
Hafer. .	90,10	94,56	5,44	5,48	15,87	57,97	15,24	14,65
Heu . .	89,68	90,10	9,90	3,21	32,11	42,62	12,16	10,50
Häcksel	91,20	89,52	10,48	1,71	50,45	34,85	2,51	2,21
20. Bilanz: 18. 2. bis 23. 2. 1937. Versuchstier III, IV								
Hafer. .	87,85	96,43	3,57	4,62	15,83	64,07	11,91	10,46
Heu . .	89,20	92,40	7,60	2,00	34,61	46,40	9,39	8,68
Häcksel	88,67	94,38	5,62	1,36	50,19	40,88	1,95	1,61
Kartoffelstärke	83,68	99,47	0,53	—	—	98,39	1,08	0,54
27. Bilanz: 1. 11. bis 6. 11. 1937. Versuchstier III, IV								
Hafer. .	87,58	94,68	5,32	4,41	18,31	60,21	11,75	11,44
Heu . .	88,26	94,05	5,95	2,40	38,65	45,06	7,94	7,63
Häcksel	88,67	94,38	5,62	1,36	50,19	40,88	1,95	1,61
Kartoffelstärke	83,68	99,47	0,53	—	—	98,39	1,08	0,54

Nährstoffmengen der verabreichten Futtermittel in g.

10. Bilanz: 12. 1. bis 18. 1. 1936. Versuchstier III.
11. Bilanz: 6. 2. bis 11. 2. 1936. Versuchstier III.

Futtermittel	Menge	Trock.-masse	Organ. Masse	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extraktstoffe	Rohprot.	Reineiweiß
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Hafer. .	2000	1802	1704	98	98	286	1045	275	264
Heu . .	2000	1794	1621	178	57	576	765	218	188
Häcksel	3000	2736	2449	287	47	1380	954	68	60
Zus.:		6332	5774	563	202	2242	2764	561	512
12. Bilanz: 20. 3. bis 26. 3. 1936. Versuchstier: III, IV.									
Hafer. .	1500	1352	1278	73	74	215	784	206	198
Heu . .	2500	2242	2020	222	72	720	955	273	235
Häcksel.	2000	1824	1632	192	31	920	635	46	40
Zus.:		5418	4931	487	177	1855	2374	525	473

Nährstoffmengen der verabreichten Futtermittel in g (Fortsetzung).

Futtermittel	Menge	Trock.-masse	Organ. Masse	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extraktstoffe	Rohprot.	Reineiweiß
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
20. Bilanz: 18. 2. bis 23. 2. 1937. Versuchstier III, IV.									
Hafer. .	2125	1867	1800	67	86	295	1197	222	195
Heu . .	2500	2230	2061	169	45	772	1035	209	194
Häcksel	2000	1773	1673	100	24	890	724	35	28
Zus.:		5870	5534	336	155	1957	2956	466	417
Kartoffelstärke	1000	837	995	5	—	—	984	11	5
Zus.:		6707	6529	341	155	1957	3940	477	422
27. Bilanz: 1. 11. bis 6. 11. 1937. Versuchstier III, IV.									
Hafer. .	3500	3065	2902	163	135	562	1845	360	351
Heu . .	2500	2207	2076	131	53	854	994	175	166
Häcksel	2000	1773	1674	100	24	890	724	35	29
Zus.:		7045	6651	394	212	2306	3563	570	546
Kartoffelstärke	1000	837	995	5	—	—	984	11	5
Zus.:		7882	7646	399	212	2306	4547	581	551

Nährstoffe in g im Gesamtfutter.

Bilanz	Trock.-masse	Organ. Masse	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extraktstoffe	Rohprotein	Stickstoff
	g	g	g	g	g	g	g	g
Pferd III.								
10	6332	5774	563	202	2242	2764	561	89,76
11	6332	5774	563	202	2242	2764	561	89,76
12	5418	4931	487	177	1855	2374	525	84,00
20	6707	6529	341	155	1957	3940	477	76,32
27	7882	7646	399	212	2306	4547	581	93,12

Pferd IV. Bilanz 12, 20, 27 wie III.

wert weitgehend berücksichtigt worden, soweit überhaupt eine annähernd richtige Feststellung desselben durchführbar erschien.

Die O. Kellnersche Stärkewertberechnung ist auf Erfahrungszahlen bei Fütterungsversuchen am ausgewachsenen Ochsen aufgebaut. Damit ist jedoch nicht erwiesen, daß die Berechnung des Stärkewertes beim Pferd ganz entsprechend wie beim Ochsen durchzuführen ist. Man wird vielmehr als möglich ansehen müssen, daß bei einem Zugtier, wie dem Pferd, im Gegensatz zum Ochsen die Quotienten der einzelnen Nährstoffe zur Stärkewertberechnung nur unter Vorbehalt auf das Pferd übertragbar sind. Um jedoch für beide Pferde eine Einheitsbewertung der aufgenommenen Nährstoffe zu besitzen, ist der Stärkewert aus der Futtergabe ermittelt worden.

Hierbei stößt man auf mancherlei Schwierigkeiten, denn man weiß bei einer Futtermischung nie, in welchem Maße die einzelnen Futtermittel vom Tier verdaut worden sind. Infolgedessen ist zusätzlich auch die Berechnung des Stärkewertes aus dem Tierversuch in der von O. Kellner angegebenen Weise durchgeführt worden, wobei allerdings der Wertigkeitsabzug für den im Futter gereichten Hafer unterbleiben mußte, da aus der gesamten verdauten Masse nicht zu ersehen ist, wie hoch die Verdaulichkeit des Hafers im einzelnen war. Um jedoch einen Maßstab zu haben, inwieweit diese Rechnungsweise für die Stärkewert-

Stärkewertberechnung.

Bilanz	Tierversuch: Verdaute Nährstoffe: Reineiweiß X 0,94 g	Rohfett X 2,00 g	Rohfaser X 1,00 g	N-freie Extraktstoffe X 1,00 g	Tierversuch: Netto Stärkewert kg	Kellner: Netto Stärkewert kg
			Pferd III			
10.	310	214	932	1493	1,815	2,085
11.	303	192	930	1646	1,937	2,085
12.	293	166	767	1345	1,620	1,734
20.	229	60	758	2749	2,832	3,033
27.	332	110	946	3143	3,517	3,701
			Pferd IV			
12.	286	178	762	1455	1,730	1,734
20.	229	102	802	2791	2,960	3,033
27.	327	168	994	3305	3,780	3,701

bewertung seine Richtigkeit hat, ist zum Vergleich der Stärkewert aus dem Futter mit den von O. Kellner angegebenen Verdauungsquo-

tienten bestimmt worden. Die vorangehende Aufstellung zeigt kaum nennenswerte Unterschiede beider Stärkewertrechnungen an.

Bei den niedrigen Futtergaben liegen für Pferd III die Werte des Tierversuches niedriger als die rechnerisch bestimmten, obwohl zu erwarten wäre, daß bei geringer Nahrungszufuhr die Ausnutzung am besten sein sollte. Wahrscheinlich wirken hier aber physiologische Vorgänge mit, wie etwa zu schwache Darmfüllung, was eine zu geringe Reizung der Eingeweide zur Folge haben kann, so daß die Absonderung der Verdauungssäfte nur in beschränktem Umfang erfolgt und die Nahrung daher zu wenig aufgeschlossen wird.

Weiter ist bei Pferd IV stets ein höherer Stärkewert aus dem Tierversuch, der dem aus dem Futter berechneten fast gleich ist, bestimmt, als bei Pferd III. Bei Besprechung der Verdauungsquotienten wird darauf hingewiesen werden, in welchem Umfang Pferd IV Pferd III überlegen ist.

Die folgenden Zahlenwerte in Hundertteilen beziehen sich auf die im Kot enthaltene Trockenmasse. Der Anteil der organischen Masse ist bei allen Bilanzen fast gleich. Auch bei den anderen Nährstoffen zeigen sich nur geringe Abweichungen. Dies ist bezeichnend, da doch teilweise die Futtermengen einzelner Bilanzen stark voneinander abweichen. In der 27. Bilanz wird ganz erheblich mehr Futter gereicht als in den übrigen, und doch ist festzustellen, daß die Zusammensetzung des Kotes nicht nennenswert beeinflußt worden ist. — Durch Abzug der im Kot noch vorhandenen Nährstoffe von den im Futter gereichten Gesamtnährstoffen ermittelt man den Anteil des Futters, der vom Darm des Tieres aufgenommen und durch die Blutbahn den Organen zur weiteren Nutzbarmachung zugeführt wurde. Diese so erhaltenen Werte dienen in erster Linie dazu, den vermutlichen Stärkewert der Futtergabe zu bestimmen. Errechnet man schließlich den Anteil der verdauten Nährstoffe in Hundertteilen zu den Gesamtnährstoffen im Futter, so erhält man den Verdauungskoeffizienten.

Bei den Nährstoffbestimmungen im Kot ist zu berücksichtigen, daß nicht unbeträchtliche Mengen Eiweiß, Fett, Lipoide, Mineralstoffe usw. des Kotes aus dem Tierkörper selbst stammen. Diese Stoffe, die aus den Magen- und Darmsäften der Galle, von Schleim und Epithelien des Darmes und den Darmbakterien herrühren, bezeichnet man mit dem Sammelnamen Stoffwechselprodukte. Da sie im Kot mit bestimmt werden, so erscheint der Verdauungsquotient niedriger, als er in Wirklichkeit ist. Dies gilt besonders für die Verdaulichkeitsbestimmung des

Zusammensetzung des Kotes in % der Trockenmasse.

Bilanz	Organ. Masse	Roh-asche	Roh-fett	Rohfaser	N-freie Extrakt-stoffe	Roh-protein	Stick-stoff
	%	%	%	%	%	%	%
Pferd III							
10.	90,66	9,34	3,01	41,44	40,21	6,00	0,96
11.	90,97	9,03	3,51	43,49	37,03	6,94	1,11
12.	91,05	8,95	3,58	41,43	39,16	6,90	1,10
20.	89,69	10,31	4,14	39,74	39,48	6,33	1,02
27.	90,75	9,25	4,70	40,70	39,03	6,32	1,01
Pferd IV							
12.	90,99	9,01	3,50	43,71	36,69	7,09	1,13
20.	91,33	8,67	3,65	40,38	40,17	7,13	1,13
27.	90,33	9,67	3,98	40,81	38,63	6,91	1,11

Nährstoffmengen im Kot in g.

Bilanz	Trock.-masse	Organ. masse	Roh-asche	Roh-fett	Roh-faser	N-freie Extrakt. stoffe	Roh-protein	Stick-stoff
	g	g	g	g	g	g	g	g
Pferd III								
10.	3161	2866	295	95	1310	1271	190	30,40
11.	3018	2745	273	106	1312	1118	209	33,40
12.	2627	2392	235	94	1088	1029	181	28,96
20.	3017	2706	311	125	1199	1191	191	30,78
27.	3341	3032	309	157	1360	1304	211	33,74
Pferd IV								
12.	2504	2278	226	88	1093	919	178	28,48
20.	2860	2612	248	104	1155	1149	204	32,27
27.	3215	2904	311	128	1312	1242	222	35,69

Eiweißes. Um einen Überblick über die Höhe der stickstoffhaltigen Stoffwechselprodukte zu gewinnen, wendet man das STUTZERsche Verfahren an. Nach diesen Untersuchungen ist natürlich der aus dem Futter stammende Anteil der stickstoffhaltigen Stoffe im Kot nach Abzug der aus dem Tierkörper stammenden Stoffwechselprodukte sehr niedrig, so daß der Verdauungsquotient größer erscheint, als ohne Berücksichtigung des aus dem Stoffwechsel stammenden Stickstoffs. Um in dieser Frage Klarheit zu schaffen, ist eine Trennung der Begriffe:

Verdauungsquotient und Verdaulichkeit, wie dies W. Wöhlbier [46] vorschlägt, unumgänglich. Nach ihm erfaßt man bei der Verdaulichkeit die Nährstoffmenge, die von 100 g Rohprotein durch den Darm aufgesogen wird und durch den Säftestrom des Körpers geht. Im Verdauungsquotienten ist jedoch gleichzeitig der Wert enthalten, der durch Nebenwirkungen, wie Einfluß auf die Drüsensekretion, Schleimabsonderungen u. dgl. bedingt wird.

Verdauungsquotienten.

Bilanz	Organ. Masse	Roh-asche	Roh-fett	Roh-faser	N-freie Extrakt-Stoffe	Roh-protein	Rein-eiweiß
	g	g	g	g	g	g	g
				Pferd III			
10.	50	47	52	42	54	68	64
11.	52	51	47	41	59	63	63
12.	51	52	47	41	57	66	66
20.	59	9	19	39	70	60	59
27.	60	23	26	41	69	64	65
				Pferd IV			
12.	54	53	50	41	61	66	64
20.	60	27	33	41	71	57	59
27.	62	22	40	43	73	62	64

Auch in dem im Kot bestimmten Rohfett sind ätherlösliche Stoffwechselerzeugnisse enthalten. Der Anteil ist jedoch meist so gering, daß er vernachlässigt werden kann. — Ferner ist der Verdauungsquotient der Asche nur bedingt brauchbar, da der Anteil der Stoffwechselsalze nicht bestimmt werden kann. Der Verdauungsquotient für Rohfaser fällt im allgemeinen zu hoch aus, wie Mangold [47] mitteilt, weil die gasförmigen Produkte ihrer Vergärung durch die Darm- oder Pansenbakterien, die dem Körper nicht nutzbar werden, wie Wasserstoff und Methan, nur in vollständigem Gaswechselversuch bestimmt werden können. Aus all diesen Einwänden geht naturgemäß hervor, daß auch der Verdauungsquotient für stickstofffreie Extraktstoffe — der nur mit Hilfe der übrigen indirekt bestimmt wird — nicht vollgültig zu werten ist. All diese Schwierigkeiten, die sich der Bestimmung des Verdauungsquotienten entgegenstellen, vergrößern sich, wenn die Futtergabe bei jeder Bilanz stark verändert wird. Nicht zuletzt ist deshalb nur die Hafergabe verändert worden, um dadurch all die anderen Einflüsse,

welche die Bestimmung des verdauten Anteils der Nahrung erschweren, nach Möglichkeit auszuschalten.

Die Verdauung der organischen Masse und auch der stickstofffreien Extraktstoffe ist bei Pferd III in der 10., 11. und 12. Bilanz niedriger als in der 20. und 27. Hierzu ist zu bemerken, daß Pferd III vor unserem Ankauf Monate hindurch mit gekochten Kartoffeln in suppiger Form und ein wenig Heu ernährt wurde. Durch diese dauernd breiige Nahrung, nicht etwa durch die Kartoffel-Heufütterung an sich, war das Pferd nicht mehr daran gewöhnt, die Nahrung vor dem Abschlucken kräftig einzuspeicheln. Später fraß es ruhiger, speichelte die Nahrung sorgfältig ein, so daß die Verdauungsquotienten beider Pferde in der 20. und 27. Bilanz recht gut übereinstimmten. Ganz gleichmäßig war in allen Versuchen die Rohfaserverdauung, was im wesentlichen auf gleichmäßigen Gehalt von Rohfaser in den Futtergaben zurückzuführen ist. Des besseren Überblicks wegen sind die verdauten Eiweißmengen gesondert wiedergegeben. Für die Verdaulichkeit des Rohproteins gilt im allgemeinen: Rohprotein des Futters — Rohprotein im Kot = verdautes Rohprotein. Wie weiter oben bereits erwähnt wurde, ist der vom Futter in den Tierkörper übergegangene Anteil eigentlich größer. Bei Verdauungsversuchen, wo es darauf ankommt, die Eiweißverdaulichkeit für Futtermittel von ganz verschiedener Beschaffenheit (sperrig, räumig, mit viel oder geringem Rohfasergehalt usw.) zu bestimmen, wird man daher auf die Berechnung der stickstoffhaltigen Stoffwechselprodukte nicht verzichten können, weil sonst, wie W. Wöhlbier [48] angibt, der Verdauungsquotient nicht die wirkliche Verdaulichkeit vermittelt. Die Menge der stickstoffhaltigen Stoffe im Kot wird z. T. durch die Gesamtnährstoffmenge beeinflußt. Infolge der in den Bilanzen wechselnden Nährstoffmengen ist daher auch im vorliegenden Versuch bei allen Bilanzen der Anteil des Stoffwechseleiweißes nach dem Verfahren von A. Stutzer ermittelt worden. Zieht man diese Menge von dem Gesamtprotein im Kot ab und setzt diesen erhaltenen Rest in Beziehung zum Rohprotein im Futter, so erhält man das verdauliche Rohprotein mit Berücksichtigung der vermeintlichen Stoffwechselprodukte.

Neben der Bewertung des Futters nach seinem Gehalt an verdaulichem Rohprotein kennen wir die Beurteilung nach verdaulichem Reineiweiß. Weiter oben ist darauf hingewiesen worden, welche Schwierigkeiten sich bei der Bewertung des Futters von Pferden nach verdaulichem Rohprotein ergeben. Um infolgedessen über die Aufnahme der Reineiweißstoffe, auf die es in einer Futtermischung

in weitaus größerem Maße als auf die Roheiweißstoffe ankommt, genauer unterrichtet zu sein, ist bei allen Bilanzen das verdauliche Reineiweiß errechnet worden. Durch Abzug der unverdaulichen Eiweißstoffe im Kot — die in Pepsin + Salzsäure löslichen stickstoffhaltigen Stoffe: die Stoffwechselprodukte, sind vorher aus dem Gesamtprotein des Kotes herausgelöst worden — erhält man schließlich das verdaute Reineiweiß unter Berücksichtigung der im Kot abgegebenen stickstoffhaltigen Stoffe. Die Stoffwechselprodukte sind in jeder täglichen Kotprobe bestimmt worden.

Stoffwechselstickstoff in g je Tag.

10. Bilanz	12. 1. 36	13. 1. 36	14. 1. 36	15. 1. 36	16. 1. 36	17. 1. 36	18. 1. 36	Mittel
Pferd III	15	10	10	14	11	13	16	13
11. Bilanz	6. 2. 36	7. 2. 36	8. 2. 36	9. 2. 36	10. 2. 36	11. 2. 36	—	Mittel
Pferd III	14	15	15	12	17	15	—	15
12. Bilanz	20. 3. 36	21. 3. 36	22. 3. 36	23. 3. 36	24. 3. 36	25. 3. 36	26. 3. 36	Mittel
Pferd III	10	13	11	9	12	10	9	11
Pferd IV	8	10	11	11	8	11	10	10
20. Bilanz	18. 2. 37	19. 2. 37	20. 2. 37	21. 2. 37	22. 2. 37	23. 2. 37	—	Mittel
Pferd III	18	14	16	18	16	12	—	15
Pferd IV	19	14	15	19	16	12	—	16
27. Bilanz	1. 11. 37	2. 11. 37	3. 11. 37	4. 11. 37	5. 11. 37	6. 11. 37	—	Mittel
Pferd III	19	13	10	16	13	17	—	15
Pferd IV	16	17	17	16	20	16	—	17

Die Kotuntersuchung erfolgte aus der frischen Masse. Eine Bestimmung der Stoffwechselprodukte in der getrockneten Masse wird vermutlich zu niedrige Werte ergeben, da durch den Trocknungsvorgang Veränderungen und wohl auch Verluste leicht zerstörbaren Stoffwechseleiweißes wahrscheinlich sind. Mangold [49] hat zwar vorgeschlagen, für 100 g Futtertrockenmasse 0,2 g Stickstoff als Stoffwechselstickstoff einzusetzen. Dieser Wert wird nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen zutreffen. Deshalb ist in diesen Versuchen der jeweilige Stoffwechselstickstoff von den einzelnen Tieren ermittelt worden, um auch festzustellen, in welchem Maße dieser Wert durch Futteränderungen beeinflußt wird. Die Unterschiede bei beiden Pferden sind recht gering. Mit Steigerung der Nahrungszufuhr ist auch eine Erhöhung der Stoffwechselprodukte zu verzeichnen. Je größer die Futtermenge ist, desto größere Mengen von Verdauungssäften werden im Darm-

kanal in Umlauf gesetzt, die dann mit den Ausscheidungen zum Teil den Körper verlassen. So sind auch die Unterschiede der Stoffwechselgaben von einem Tag zum andern zu erklären. Die Ausscheidung von Stoffwechselprodukten richtet sich somit bei unseren Versuchen im wesentlichen nach der täglichen Kotmenge. Je nachdem, ob die Stoffwechselprodukte bei der Bewertung der Verdaulichkeit des Rohproteins oder Reineiweißes berücksichtigt werden, gelangt man zu mehreren Werten für das vom Tier aufgenommene Eiweiß. Solange wir jedenfalls über Fragen der Eiweißverdaulichkeit der Futtermittel, über den Aufbau der Aminosäuren zu vollwertigem Körpereiweiß, wie damit über die biologische Wertigkeit des Eiweißes des Futters für Pferde nicht hinreichend unterrichtet sind, wird man versuchen müssen, das Rohprotein und Reineiweiß gleichzeitig zur Beurteilung des vom Tier voraussichtlich aufgenommenen Eiweißes heranzuziehen, um danach die Bewertung des Stickstoffumsatzes zu bemessen.

Ein Blick auf die Tabellen zeigt, wie verhältnismäßig gleichmäßig die Zusammensetzung des Kotes an den einzelnen Tagen ist. Selbst beim Vergleich der Bilanzen untereinander ist keine bedeutende Abweichung zu beobachten, woraus folgt, daß Änderungen beim Rohprotein des Futters in gewissen Grenzen nicht von Einfluß auf die Zusammensetzung des Kotes sind. Bei einer nicht zu kurz bemessenen Vorfütterungszeit und nicht zu großen Änderungen im Futter hat man keine erheblichen Unterschiede in den Kotausscheidungen zu befürchten.

Eiweißbestimmungen der festen Ausscheidungen.

Pferd III.

Bilanz	Trockenmasse	Rohprotein		Reineiweiß		In Pepsin HCl unlösliches Protein	
		%	g	%	g	%	g
10.	3161	6,00	189	5,76	182	3,45	109
11.	3018	6,96	210	6,30	190	3,88	117
12.	2627	6,77	177	6,13	161	4,19	110
20.	3017	6,33	191	5,83	176	3,22	97
27.	3341	6,32	211	5,78	193	3,53	118
				Pferd IV			
12.	2504	7,09	180	6,75	169	4,51	113
20.	2860	7,13	204	6,15	176	3,53	101
27.	3215	6,91	222	6,16	198	3,61	116

Ein Vergleich der Eiweißausscheidungen im Kot beider Versuchspferde ergibt bei Pferd IV in den Bilanzen 12. 20 und 27 durchweg höhere Werte, woraus eine etwas geringere Eiweißverdauung hervor-

geht. Merkwürdigerweise ist solche geringere Verdauungskraft nur beim Eiweiß zu beobachten, nicht jedoch bei den übrigen, bereits kurz besprochenen Nährstoffen. Schlechtere Kauwerkzeuge kann man somit nicht verantwortlich machen, zumal der Hafer in gequetschtem Zustand verfüttert wurde. Auch eine vielleicht zu geringe Einspeichelung durch hastiges Abschlucken kann nicht schuld sein, da Pferd IV die Angewohnheit hatte, ruhig zu fressen. Diese etwas geringere Eiweißverdaulichkeit ist also vermutlich auf die Veranlagung des Tieres selbst zurückzuführen.

In einer früheren Mitteilung [50] ist bereits auf die Beziehungen zwischen Wasserausscheidung und Stickstoffabgabe hingewiesen worden. Auch die Umwelteinflüsse in ihren Wirkungen auf den Stickstoffwechsel wurden dabei berücksichtigt. Weiter ist aus früheren Versuchen [51]

Stickstoff im Harn.

Bilanz	Versuchstier	Harnmenge kg	Stickstoff	
			%	g
10.	III	7,964	0,934	74,41
11.	III	5,318	1,142	60,77
12.	III	5,806	0,935	54,43
	IV	7,276	0,830	60,37
20.	III	7,495	0,647	48,51
	IV	4,447	0,831	36,97
27.	III	10,438	0,610	63,68
	IV	8,613	0,637	54,89

die Stickstoffabgabe durch Hautschuppen, Haar und Huf hinreichend bekannt und wird bei der Stickstoffbilanz mit 2 g Stickstoff je Tier und Tag eingesetzt. Dieser Wert ist nur als Durchschnittswert zu betrachten, da in den Zeiten des Haarwechsels jeweils verschiedene Verhältnisse vorliegen, also auch der Stickstoffansatz verschieden hoch zu bewerten ist.

Mit Hilfe der Stickstoff-Bilanz stellt man fest, wieviel von dem im Futter dem Tier zugeführten Stickstoff vom Tierkörper festgehalten wurde, und zwar meist folgendermaßen: Stickstoff im Futter - (Stickstoff im Kot und Stickstoff im Harn) = Stickstoff-Ansatz bzw. -Retention. Bei Berechnung des Gesamtstickstoffs im Futter ist zu bedenken, daß dieser Stickstoffwert nicht nur vollwertigem Eiweiß entspricht, sondern hierbei auch der Stickstoffanteil bestimmt wird, der aus Amiden,

also nicht vollwertigen Eiweißkörpern entstammt, Das gleiche gilt für die Stickstoffbestimmung im Kot. Hier kommt weiter hinzu, daß ein nicht unbeträchtlicher Teil des Kotstickstoffs aus dem Tierkörper stammt. Wenn demnach in einer Futtergabe viel Amide enthalten sind, so wird zwar die Stickstoffgabe hoch sein, doch wird das Tier nur einen Bruchteil davon verwerten können, weil der zugeführte Stickstoff nicht restlos in vollwertiges Eiweiß überzuführen ist. Umgekehrt wird bei Verfütterung von biologisch hochwertigem Eiweiß die Stickstoffaufnahme und Umbildung zu Organeiweiß in weit größerem Umfange erfolgen können. Diese Punkte sind bei Bewertung eines negativen oder positiven Ansatzes bzw. Retention zu berücksichtigen. Man weiß ja nie im voraus, wieviel von dem Harnstickstoff aus abgebautem Organeiweiß stammt und welche Menge den Aminosäuren des Futters entspricht, die zwar vom Körper aufgenommen wurden und in die Blutbahn eingetreten sind, ohne jedoch zu Organeiweiß aufgebaut werden zu können. Aus diesen Erwägungen ist deshalb bei Aufstellung der Stickstoffbilanz der Stickstoff aus dem Rohprotein und dem Reinprotein des Futters und des Kotes in die oben erwähnte Gleichung eingesetzt worden. In den folgenden Aufstellungen liegen so für jedes Pferd und jede Bilanz zwei Stickstoffwerte vor.

Die Eiweißgaben weichen ebenso wie die Stärkewerte nicht nennenswert voneinander ab, und doch ändert sich die Stickstoffbilanz ganz beachtlich. Die 3 Bilanzen wurden in einem Zeitraum von vier Monaten

N-Bilanz.

10. Bilanz Pferd III	Zugeführter N im Rohprotein des Futters	Ausgeschiedener N			N-Bilanz
		Rohprotein des Kotes	Harn	Summe	
		g	g	g	
12. 1. 1936	89,76	32,80	74,54	107,34	—17,58
13. 1. 1936	89,76	24,80	82,06	106,86	—17,10
14. 1. 1936	89,76	27,84	81,76	109,60	—19,84
15. 1. 1936	89,76	32,48	58,90	91,38	— 1,62
16. 1. 1936	89,76	31,20	74,56	105,76	—16,00
17. 1. 1936	89,76	31,20	78,05	109,25	—19,49
18. 1. 1936	89,76	31,68	71,00	102,68	—12,92
				Im Mittel je Tag:	—14,93
Auf Haar-Hornzuwachs und Hautschuppen entfallen täglich:					— 2,00
				Im Mittel je Tag:	—16,93

N-Bilanz.

10. Bilanz Pferd III	Zugeführter N im Reineiweiß des Futters	Ausgeschiedener N			N-Bilanz
		Reineiweiß des Kotes	Harn	Summe	
		g	g	g	
12. 1. 1936	81,92	31,20	74,54	105,74	—23,82
13. 1. 1936	81,92	24,16	82,06	106,22	—24,30
14. 1. 1936	81,92	26,88	81,76	108,64	—26,72
15. 1. 1936	81,92	31,84	58,90	90,74	— 8,82
16. 1. 1936	81,92	29,12	74,56	103,68	—21,76
17. 1. 1936	81,92	30,56	78,05	108,61	—26,69
18. 1. 1936	81,92	29,92	71,00	100,92	—19,00
				Im Mittel:	—21,59
Auf Haar-Hornzuwachs und Hautschuppen entfallen täglich:					— 2,00
				Im Mittel je Tag:	—23,59

ausgeführt. In der 10. Bilanz war Pferd III nach etwa 14 tägiger Vorfütterung zum ersten Male geprüft worden. Die Bilanz fiel mit —16,93 g (—23,59 g) N im Roh- bzw. Reinprotein negativ aus. In der folgenden Untersuchung im Februar ändert sich die Bilanz und beträgt hier nur noch —6,35g (—11,28 g) N. Im März ist schließlich mit 0,80 g (—6,58 g)N, beinahe das Stickstoffgleichgewicht erreicht. Je länger ein Tier im Versuch steht, desto besser paßt es sich der Umwelt an. Diese Erfahrung konnte bei allen Versuchstieren gemacht werden. Die ersten Bilanzen verliefen meist negativ, da der Stoffwechselkreislauf in der vorangehenden Zeit durch Arbeit, größere Futtermenge usw. zumeist sehr rege war und das Pferd erst durch lange Vorfütterungszeiten an die neue Umwelt gewöhnt werden mußte. Bei nicht so jungen Pferden ist aber dieses erstrebenswerte Ziel meist leicht zu erreichen, obwohl N. Zuntz [52] der Ansicht ist, daß jedes Pferd, wenn es zuviel Futter erhält, sich auch bei Stallruhe entsprechend viel Bewegung verschafft, so daß ein Stoffwechselversuch bei völliger Ruhe kaum durchführbar erscheint. Nach unseren bisherigen Erfahrungen kann die Ansicht von N. Zuntz nicht geteilt werden. Wahrscheinlich war die Futtergabe bei Zuntz für Pferde bei Stallruhe gar zu reichlich bemessen. — Bei Steigerung der Stärkewertgabe auf 2,832 kg ist die Stickstoffbilanz mit — 4,91 g (—10,74 g) Stickstoff negativ. Allerdings ist auch die verabfolgte Eiweißmenge geringer als in den vorangehenden Bilanzen. In der 20. Bilanz befindet sich Pferd III (533 kg) schon näher an der Ernährungsgleichgewichtsgrenze, die hinsichtlich des Stärkewertes etwa bei 3 517 g

Zusammengefaßte Ergebnisse der N-Bilanzen[1].

Bilanz	Versuchstier	Stickstoffbilanz[2]	
		bei Einsatz des Rohproteins im Kot	bei Einsatz des Reinweißes im Kot
		N in g	N in g
10	III	—16,93	—23,59
11	III	— 6,53	—11,28
12	III	— 0,80	— 6,58
12	IV	— 6,69	—
20	III	— 4,91	—10,74
20	IV	+ 4,42	+ 0,86
27	III	— 6,38	— 8,38
27	IV	— 0,52	— 0,49

N-Bilanz auf der Grundlage des Rohproteins bzw. Reineiweißes des Futters

Bilanz	Verdauliches		Stärkewert	N-Bilanz	
	Rohprotein	Reineiweiß		Rohprotein	Reineiweiß
	g	g	g	g	g
			Pferd III		
10.	381	330	1,815	—16,93	—23,59
11.	351	322	1,937	— 6,53	—11,28
12.	348	312	1,620	— 0,80	— 6,58
20.	286	249	2,832	— 4,91	—10,74
27.	370	358	3,517	— 6,38	— 8,38
			Pferd IV		
12.	345	304	1,730	— 6,69	—
20.	273	249	2,960	+ 4,42	+ 0,86
27.	359	353	3,780	+ 0,52	— 0,49

liegen dürfte, wenn man für 500 kg Lebengewicht nach O. Kellner [53] 3 300 g Stärkewert für die Erhaltung rechnet. Vermutlich ist jedoch der von O. Kellner angegebene Erhaltungswert zu hoch, und es wird notwendig sein, diese Zahl einer eingehenden Prüfung zu unterziehen. Bei der Verabreichung dieser Stärkewertmenge ist anzunehmen, daß

[1] Die Zahlenwerte für die einzelnen Tage können leider aus Raummangel nicht mitgeteilt werden, sie können jedoch jederzeit zur Einsicht von unserem Institut herausgegeben werden.

[2] Einschließlich der auf Haar-, Hornzuwachs und Hautschuppen entfallenden Menge.

sie annähernd zur Deckung des Erhaltungs-Energiebedarfs ausreicht. Durch die Stickstoffbilanz kann man feststellen, welche Eiweißmengen erforderlich sind, um Stickstoffgleichgewicht zu erreichen. Multipliziert man den negativen oder positiven Stickstoffwert einer Bilanz mit dem Eiweißfaktor 6,25, so gelangt man zu derjenigen Eiweißmenge, die das Tier vermutlich zu wenig oder zu viel erhalten hat. Man wird nicht fehlgehen, wenn man gewisse Grenzwerte, innerhalb deren Eiweißgleichgewicht zu erzielen ist, mitteilt. Weiter wird man bestrebt sein müssen, die Angaben für verdauliches Reineiweiß und verdauliches Rohprotein getrennt anzugeben. Oder man verfährt etwa folgendermaßen: das im Futter gereichte verdauliche Reineiweiß beträgt 87% des verabfolgten verdaulichen Rohproteins. Aus der mitgeteilten Rechnung geht hervor, daß 67 g verdauliches Reineiweiß notwendig sind, um Eiweißgleichgewicht zu erzielen. Gleichzeitig würde also demnach die Verabreichung von 77 g verdaulichem Rohprotein ausreichen, um dem Tier auf Grund der Stickstoffbilanz die tatsächlich erforderliche Eiweißmenge zuzuführen. Rechnet man die zusätzlichen Eiweißgaben zu den im Futter verabreichten hinzu, dann wäre bei 363 g verdaulichem Rohprotein bzw. 316 g verdaulichem Reineiweiß und bei einem Stärkewert von 2,832 g Eiweißgleichgewicht bei völliger Ruhe zu erzielen. Infolgedessen sind bei 100 kg Lebendgewicht 68 g verdauliches Rohprotein bzw. 59 g verdauliches Reineiweiß dazu erforderlich. Es sei aber hier noch besonders darauf hingewiesen, daß diese Eiweißgabe schon genügte, den Erhaltungsbedarf des Pferdes zu decken, obwohl die Stärkewertgabe nach den Mitteilungen früherer Forscher als zu gering erachtet werden muß. Es bliebe demnach noch übrig, den Eiweißbedarf in Ruhe bei Verabreichung hoher Stärkewertgaben zu prüfen. Die Angaben derjenigen Forscher, die sich bereits mit der Feststellung des Eiweißbedarfs bei Pferden befaßt haben, geben leider über den jeweils verabreichten Stärkewert nicht hinreichend Aufklärung. N. Hansson [54] rechnet für 100 kg Lebendgewicht 65–70 g verdauliches Reineiweiß. In diesem Versuch komme ich zu ähnlichen Werten. Es ist aber anzunehmen, daß bei erhöhten Stärkewertgaben der Bedarf an verdaulichem Reineiweiß noch zu senken sein wird.

Pferd IV benötigt ähnliche Eiweißmengen wie Pferd III. Das Reineiweiß ist bei beiden Pferden gleichmäßig verdaut worden, nur bei der Aufnahme des Rohproteins sind geringe Abweichungen zu verzeichnen. Pferd IV hat hiervon nur 273 g gegenüber Pferd III mit 286 g aufgenommen. Trotzdem ist mit +4,42 g (0,86 g) Stickstoff die Bilanz bei Pferd IV günstiger ausgefallen als bei Pferd III. Dieser

Unterschied der verschieden starken Stickstoffaufnahme ist bemerkenswert, da beide Pferde den gleichen Versuchsbedingungen unterlagen. Wenn also von beiden Pferden das Eiweiß in derselben Höhe verdaut worden ist und trotzdem bei dem einen Pferd die Bilanz negativ und bei dem anderen Pferd positiv verläuft, so ist daraus zu schließen, daß streng unterschieden werden muß zwischen Eiweißaufnahme und Eiweißverwertung. Wenn bei Pferd IV die Bilanz positiv ist, dann ist das Tier vom wirtschaftlichen Standpunkt aus sparsamer mit dem ihm verabreichten Eiweiß verfahren, denn auch die Stärkewerte sind bei beiden Tieren annähernd dieselben. Da diese Tatsache auch noch in anderen Versuchen auftritt, so ist also offenbar die Konstitution von Pferd IV besser als bei Pferd III. Dieser Gesichtspunkt dürfte namentlich vom züchterischen Standpunkt aus von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein, denn es wird und muß Aufgabe der Zucht sein, die Tiere auszuwählen, die nicht nur eine hohe Verdauungskraft haben, sondern auch befähigt sind, die aufgenommenen Nährstoffe recht hoch zu verwerten.

Da die 20. Bilanz bei Pferd IV (511 kg) mit + 4,42 g (0,86 g) N abschließt, ist das Eiweißgleichgewicht bei 273 g verdaulichem Rohprotein bzw. 249 g verdaulichem Reinprotein und 2,960 g Stärkewerten erreicht worden, für 100 kg Lebendgewicht demnach 53 g verdauliches Rohprotein, bzw. 48 g verdauliches Reineiweiß. Die 12. Bilanz endet bei Pferd IV negativ, während Pferd III wesentlich besser abschneidet. Pferd IV war zu dieser Zeit nach verhältnismäßig kurzer Vorfütterung in den Versuch mit eingestellt worden. Schon bei Pferd III wurde darauf hingewiesen, daß lange Vorfütterungszeiten notwendig sind, um das Tier an die neuen Umweltbedingungen zu gewöhnen. Pferd IV hatte vor dem Ankauf sehr stark gearbeitet und war infolgedessen auch sehr kräftig ernährt worden. Die Umstellung auf die plötzliche Ruhe ist dem Pferd zwar recht gut bekommen, doch war der Stoffwechsel noch verhältnismäßig rege, so daß infolge der hohen Stickstoffausgaben im Harn die Bilanz negativ ausfiel.

In der 27. Bilanz wurden hohe Stärkewertgaben in Verbindung mit ausreichendem Eiweiß verabreicht. Man sollte annehmen, daß nun der Eiweißbedarf auf Grund der früheren Erfahrungen sinken würde, da vermutlich bei geringen Stärkewerten ein Teil des verabreichten Eiweißes noch zur Energieerzeugung dient. Aber das Ergebnis ist anders: die Bilanz endet bei Pferd III — 6,38 g (— 8,38 g) N und bei Pferd IV + 0,52 g (— 0,49 g) N. Dies Ergebnis ist nur daraus zu erklären, daß diese Bilanz im Anschluß an Untersuchungen über den Eiweißbedarf bei schwerer

Lebendgewicht während der Bilanzen.

Nr.	Versuchs-Tier	vor dem Versuch	Gewichte in kg während der einzelnen Versuchstage							Zu- bzw. Abnahme	Tägl. Zu- bezw. Abnahme
10	III	537	537	534	539	538	538	535	534	— 3	—0,4
11	III	528	527	525	528	529	530	530		+ 2	+0,3
12	III	519	519	517	517	519	516	516	520	+ 1	+0,2
20	III	533	532	531	530	531	530	526	528	— 5	—0,7
27	III	534	531	535	539	539	538	537		+ 3	+0,5
12	IV	533	529	528	527	525	526	528		— 5	—0,7
20	IV	511	511	511	511	511	512	515	515	+ 4	+0,6
27	IV	505	506	510	512	514	516	517		+12	+2,0

Arbeit durchgeführt wurden. Die Vorfütterungszeit betrug hier nur etwa 8 Tage. In der Arbeitsbilanz hatten die Tiere sehr stark an Gewicht verloren. In der Folgezeit mußten daher die Reserven wieder aufgebaut werden. Der erhöhte Stoffwechsel hielt deshalb auch noch während der Ruhebilanz an. Deshalb die hohen Stickstoffabgaben im Harn und ein erhögtes Eiweißbedürfnis. Diese Bilanz weist weiter darauf hin, wie wichtig es ist, lange Vorfütterungszeiten namentlich bei schroffem Wechsel von Arbeit und Ruhe einzulegen. Aus der Übersicht über die Lebendgewichte ist zu entnehmen, daß trotz negativer N-Bilanzen beide Pferde an Gewicht zunehmen.

Im folgenden sind die Ergebnisse früherer Untersuchungen wie auch der eigenen zusammengestellt:

Für 100 kg Lebendgewicht sind zu verabreichen nach:	Verdauliches Rohprotein g	Eeineiweiß g
Henry und Morrison	80	—
N. Hansson	—	65–70
Grandeau und Leclerc	—	66–98
Eigenen Untersuchungen	53–68[1]	48–59[1]

Die Zahlenwerte von Henry und Morrison, auch die von Hansson beruhen auf Schätzungswerten. Sie sind nicht aus eingehenden Fütterungsversuchen ermittelt, sondern aus Futterberechnungen und Futterbeispielen abgeleitet worden. Die Angaben von L. Grandeau und

[1] Die Stickstoffmengen für Hautschuppen, Horn und Haar sind hierbei mit eingerechnet.

A. Leclerc bewegen sich in sehr weiten Grenzen, und zwar sind diese Werte allein auf Grund der Harnausscheidungen und des darin befindlichen Stickstoffs errechnet worden. Im ganzen haben L. Grandeau und A. Leclerc, wie aus der mitgeteilten Übersicht hervorgeht, 9 Bilanzen mit 3 Pferden durchgeführt. In allen Bilanzen war die Stickstoffgabe im Futter fast stets dieselbe. Alle Untersuchungen endigen mit einer positiven Stickstoffbilanz. Wünschenswert wäre es aber gewesen, wenn die Versuche mit verschiedenem Stickstoffgehalt im Futter durchgeführt worden wären, weil dann erst die eigentliche Eiweißminimumgrenze zu bestimmen möglich ist. Außerdem sind die Werte deshalb etwas höher, als die von mir gefundenen, da die Versuche mit sehr leichten Pferden (400 kg) durchgeführt wurden. H. Moellgaard [55] konnte bei Milchkühen feststellen, daß der Eiweißbedarf je 100 kg Lebendgewicht bei Tieren niedrigen Gewichtes wesentlich höher ist als bei schweren Tieren. Somit dürften auch für das Pferd ähnliche Verhältnisse gelten. Damit würden meine Ergebnisse grundsätzlich denen von L. Grandeau und A. Leclerc sehr nahe kommen. Bei Besprechung meiner Zahlen wies ich aber darauf hin, daß durch Verabreichung von hohen Stärkewertgaben die erforderlichen Eiweißmengen vermutlich noch zu senken sind. Damit würden die von mir angegebenen Werte die Eiweißmengen vermitteln, die selbst bei Verabreichung von nicht besonders hohen Stärkewertgaben noch ausreichen, das Tier im Eiweißgleichgewicht zu erhalten.

In weiteren Versuchen wird noch zu erforschen sein, wie sich der Eiweißbedarf bei hohen Stärkewertgaben verändert. [Die Schrifttumsangaben folgen am Ende des II. Teiles dieser Arbeit.]

Zusammenfassung.

Bei den seit 15 Jahren am Agrikulturchemischen Institut der Universität in Breslau durchgeführten Fütterungsversuchen ist festgestellt worden, daß die Futternormen von Kellner den heutigen Anforderungen für das Arbeitspferd nicht mehr entsprechen.

Der Eiweißbedarf bei Pferden in Ruhe ist von den Umweltbedingungen abhängig.

Die Höhe der erforderlichen Eiweißzufuhr richtet sich nach der Rasse, dem Alter, Ernährungszustand usw., wie auch nach dem Salzgehalt des Futters und nicht zuletzt nach dem biologischen Wert des verfütterten Eiweißes. Bei Hafer-, Heu-, Häckselfütterung beträgt der erforderliche Eiweißbedarf für Pferde in Ruhe für 100 kg Lebendgewicht 53–68 g verdauliches Rohprotein mit 48–59 g verdaulichem Reineiweiß.

Summary.

Feeding trials continued for 15 years at the agricultural institute of the university of Breslau resulted that KELLNER's food norms are no more corresponding with the present requirements of the working horse.

The protein requirements of resting horses are dependent on surrounding effects.

The amount of the required protein supply is determined by race, age, state of nutrition etc., as by the salt content of the food, and last, not least, by the biological value of the protein being offered. If oats, hay, and chaff are given, the protein requirements amount for resting horses per each 100 kg of live weight to 53–68 g of digestible crude protein with 48–59 g of digestible pure protein.

Printed in Germany Großbuchdruckerei Paul Dünnhaupt, Köthen (Anhalt)

Sonderdruck aus „Tierernährung“ 11 (1939) 245–272
Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H., Leipzig.

Überreicht vom Verfasser

(Aus dem Agrikulturchemischen und Bakteriologischen Institut der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität.)

Der Bedarf an Eiweiß bei Arbeitspferden in Ruhe und bei allmählich gesteigerter Arbeit.

Von

Herbert Nitsche, Breslau.

II. Teil.

(Eingegangen am 20. Mai 1939.)

Im I. Teil dieser Arbeit ist auf Grund von Stickstoffbilanzen der in Ruhe erforderliche Eiweißbedarf für Arbeitspferde festgestellt worden. Weiter konnte darauf hingewiesen werden, wie stark die Umweltbedingungen den Eiweißbedarf beeinflussen. Aufgabe des II. Teiles dieser Arbeit wird es nun sein, den Eiweißbedarf bei steigender Arbeit zu untersuchen. Es fesselt hierbei die Frage: steigt der Eiweißbedarf im Verhältnis zur Arbeitsleistung oder ist die erforderliche Eiweißzufuhr für Arbeitspferde mehr oder weniger unabhängig von der Arbeitsleistung.

A. Die Bilanztechnik bei Pferden während der Arbeit.

Die allmählich gesteigerte Arbeit der Versuchstiere wurde an einem Kraftmeßgöpel mit elektrischer Schreibvorrichtung aufgezeichnet. Für die Gleichmäßigkeit der täglich zu leistenden Arbeit empfiehlt es sich, möglichst gleiche Arbeitszeiten einzuhalten. Der Tagesarbeitsplan war daher folgender:

Füttern . . .	6 Uhr
Arbeitszeit . .	7–11 „
Mittag . . .	11–13 „
Arbeitszeit .	13–18 „

Die Arbeitszeit selbst zerfiel wiederum in:

Arbeit	7–7,45 Uhr;	Pause	7,45– 8 Uhr
„	8–8,45 „ ;	„	8,45– 9 „
„	9–9,45 „ ;	„	9,45–10 „
„	10–10,45 „ ;	„	10,45–11 „

Mittagszeit . . . . . 11–13 Uhr

Arbeit 13–13,45 Uhr; Pause 13,45–14 Uhr
„ 14–14,45 „ ; „ 14,45–15 „
„ 15–15,45 „ ; „ 15,45–16 „
„ 16–16,45 „ ; „ 16,45–17 „
„ 17–17,45 „ ; „ 17,45–18 „

Die Mittagszeit betrug somit 2 Stunden. An sehr heißen Tagen im Sommer wurde sie oft auf 3 Stunden ausgedehnt. Im allgemeinen hielten wir aber an den einmal festgelegten Arbeitszeiten bei Durchführung aller Bilanzen fest. Denn nur dadurch war es schließlich möglich, irgendwelche Umweltfaktoren, die durch Verschiebungen der Arbeitszeiten wirksam zu werden pflegen, auszuschalten. Es ist durchaus nicht gleichgültig, ob ein Pferd eine bestimmte Arbeit in stets der gleichen Zeiteinheit zu bewältigen hat, oder ob dafür andere Zeiteinheiten eingesetzt werden. Da es in diesen Versuchen jedoch hauptsächlich darauf ankam, den Einfluß allmählich gesteigerter Arbeit auf das Versuchspferd zu prüfen, so muß es später erforscht werden, in welcher Weise im besonderen die Zeitdauer der Arbeit, die Beschaffenheit des Weges und vieles andere mehr die Leistung des Pferdes zu beeinflussen vermögen.

Das Aufschreiben der jeweils geleisteten Arbeit an unseren anderen Orts beschriebenen Kraftmeßgöpel geschieht völlig selbsttätig. Infolgedessen ist eine einzige Hilfskraft (der Fahrer) imstande, sämtliche Versuche selbst durchzuführen. Er hat dabei lediglich das Gespann zu führen und während der Bilanztage gleichzeitig Kot und Harn beider Pferde aufzufangen. Da er auf einem zweirädrigen Wagen dicht hinter der Zugstange sitzend fährt, ist ihm dies mit entsprechenden Geräten ohne Schwierigkeiten möglich. Übrigens kam es selten zu Harnabgaben während der Arbeitszeit. Für gewöhnlich stallten die Pferde erst, wenn sie sich wieder im Stall befanden. Der Fahrer hat nur von Zeit zu Zeit noch den aufgefangenen Kot in bereitstehende Behälter einzufüllen.

Wenn nach einer Arbeitszeit von $^3/_4$ Stunden die Pause von einer Viertelstunde eingelegt wird, so kann der Fahrer in dieser Zeit nach der Warte gehen, um dort die in Kilowattstunden aufgezeichnete Arbeit aufzuschreiben. Die genaue Arbeitszeit wird mit einer Stoppuhr, die Zahl der Umgänge von einem Tourenzähler abgelesen. So kann am Ende der Arbeitszeit die jeweils geleistete Arbeit sofort festgestellt werden.

Ganz besonders bei Feststellung von Arbeitsleistungen sind die Vorfütterungszeiten nicht zu kurz bemessen. Sie werden mindestens 8–14 Tage, am besten aber 3–4 Wochen betragen. Soweit es technisch durchführbar war, ist bei unseren Versuchen dieser Umstand weitgehend beachtet worden. Da die Anlage indes unter freiem Himmel steht und daher die Witterung sich oft recht unangenehm bemerkbar macht, so mußten manchmal die Bilanzzeiten etwas gekürzt werden. Bei einer gedeckten Anlage würden die äußeren Einwirkungen ganz beträchtlich herabgesetzt werden.

Mit keinem der bisher gebräuchlichen Meßapparate dürfte man vermutlich auch nur annähernd so schnelle und sichere Ergebnisse erzielen, wie mit unserem Kraftmeßgöpel, zumal auch noch Anforderungen an die Hilfskräfte erheblich beschränkt sind. Für die Ermittlung des Nährstoffbedarfs bei verschiedener Arbeit bzw. des Stickstoffumsatzes ist es außerdem oft unumgänglich, die genaue Arbeitsleistung sofort zu kennen, um die Nährstoffgabe gegebenenfalls ändern zu können. Dies leistet unser Apparat noch besonders.

B. Futtergabe, Verdauungskoeffizienten und Stickstoff im Harn.

Auch bei den Untersuchungen über den Nährstoffbedarf bei Arbeitspferden in Arbeit wurde die Heu-Häckselgabe unverändert beibehalten, um nicht durch Schwankungen der Rohfasermenge in der Futtergabe Fehlerquellen Vorschub zu leisten. Nur die Hafergabe wurde jeweils verändert. Die Berechnung des Nährstoffgehaltes des Futters erfolgte unter Zugrundelegung der Übersicht über die Zusammensetzung des Futters in 100 Teilen der Trockenmasse. Wie diese zeigt, kam oft für mehrere Bilanzen Futter derselben Beschaffenheit zur Verabreichung. In einer weiteren Übersicht ist schließlich noch einmal das Eiweiß im Futter als Rohprotein, Reineiweiß, verdauliches Rohprotein bzw. verdauliches Reineiweiß in 100 Teilen und in g angegeben.

Die Verabreichung der Futtergabe erfolgte bei beiden Pferden stets gleichmäßig. Da auch die Arbeit, welche die Tiere zu verrichten hatten, stets die gleiche war, so ist festzustellen, ob die Nährstoffmengen, die zur Aufnahme durch die Versuchstiere gelangten, auch in gleicher Weise verwertet wurden. Dazu kam eine Gesamtanalyse des Kotes an jedem Tage der Bilanz sofort zur Durchführung. Die Übersichten hierzu zeigen, daß die Kotmenge von einem Tag zum andern verhältnismäßig gleichmäßig ist. Auch der Gesamtstickstoff in Hundertteilen wie auch der Stickstoff aus den Pepsin- und HCl-unlöslichen Stickstoffverbindungen unterliegen kaum nennenswerten Schwankungen. Es ist dies ein Zeichen dafür, daß die Vorfütterungszeit genügend lang war und störende Umweltfaktoren nach Möglichkeit zurückgedrängt wurden. Immerhin sind aber bei Durchmustern der Übersicht Unterschiede hinsichtlich der Stickstoffausscheidungen im Kot wie auch des Wassergehalts des Kotes bei beiden Pferden unverkennbar.

Zusammensetzung des Futters in Hundertteilen der Trockenmasse.

15. Bilanz: 21. 7.–30. 7. 1936. Versuchstier: III, IV.
16. Bilanz: 26. 8.–3. 9. 1936. Versuchstier: III, IV.

Futtermittel	Trock.-masse %	Organ. Masse %	Rohasche %	Rohfett %	Rohfaser %	N-freie Extrakt-Stoffe %	Rohprotein %	Stickstoff %
Hafer .	89,64	96,43	3,57	5,22	16,09	64,15	10,97	1,745
Heu .	89,68	90,10	9,90	3,21	32,11	42,62	12,16	1,95
Häcksel	90.28	93,60	6,40	1,48	47,79	41,93	2,40	0,384

17. Bilanz: 9. 11.–14. 11. 1936. Versuchstier: III, IV.
18. Bilanz: 26. 11.– 1. 12. 1936. Versuchstier: III, IV.
19. Bilanz: 13. 12.–18. 12. 1936. Versuchstier: III, IV.

Hafer .	87,85	96,43	3,57	4,62	15,83	64,07	11,91	1,905
Heu .	87,94	92,65	7,35	2,50	32,51	45,66	11,98	1,917
Häcksel	90,28	93,60	6,40	1,48	47,79	41,93	2,40	0,384

21. Bilanz: 14. 4. –19.4. 1937. Versuchstier: III, IV.
22. Bilanz: 9. 6.–13. 6. 1937. Versuchstier: III, IV.
23. Bilanz: 28. 6.– 3. 7. 1937. Versuchstier: III, IV.

Hafer .	86,18	95,99	4,01	4,29	20,38	59,60	11,72	
Heu .	89,20	92,40	7,60	2,00	34,61	46,40	9,39	—
Häcksel	88,67	94,38	5,62	1,36	50,19	40,88	1,95	—
Kart.-Stärke	83,68	99,47	0,53	—	—	98,39	1,08	—

24. Bilanz: 9. 8.–14. 8. 1937. Versuchstier: III, IV.
25. Bilanz: 23. 8.–28. 8. 1937. Versuchstier: III, IV.

Hafer .	88,34	96,38	3,62	5,26	20,73	59,77	10,62	—
Heu .	89,20	92,40	7,60	2,00	34,61	46,40	9,39	—
Häcksel	88,67	94,38	5,62	1,36	50,19	40,88	1,95	—

26. Bilanz: 16. 10.–22. 10. 1937. Versuchstier: III, IV.

Hafer .	87,58	94,68	5,32	4,41	18,31	60,21	11,75	—
Heu .	88,26	94,05	5,95	2,40	38,65	45,06	7,94	—
Häcksel	88,67	94,38	5,62	1,36	50,19	40,88	1,95	—

Berechnung der Nährstoffe in g im Gesamtfutter.

15. Bilanz: 21. 7.–30. 7. 1936. Versuchstier: III, IV.

Futtermittel	Menge	Trock.-Masse	Organ. Masse	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extr.-stoffe	Rohprotein	Stickstoff
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Hafer. .	4000	3586	3458	128	187	577	2301	393	62,88
Heu . .	2500	2242	2020	222	72	720	955	273	43,68
Häcksel	2000	1806	1690	116	27	863	757	43	6,88
Zus.		7634	7168	466	286	2160	4013	709	113,44

16. Bilanz: 26. 8.–3. 9. 1936. Versuchstier: III, IV.

Hafer. .	5000	4482	4322	160	234	721	2875	492	78,72
Heu . .	2500	2242	2020	222	72	720	955	273	43,68
Häcksel	2000	1806	1690	116	27	863	757	43	6,88
Zus.:		8530	8032	498	333	2304	4587	808	129,28

17. Bilanz: 9. 11. –14. 11. 1936. Versuchstier: III, IV.

Hafer. .	3500	3075	2965	110	142	487	1970	366	58,56
Heu . .	2500	2199	2037	162	55	715	1004	263	42,80
Häcksel	2000	1806	1690	116	27	863	757	43	6,88
Zus.:		7080	6692	388	224	2065	3731	672	108,24

18. Bilanz: 26. 11.– 1. 12. 1936. Versuchstier: III, IV.

19. Bilanz: 13. 12.–18. 12. 1936. Versuchstier: III, IV.

Hafer. .	5000	4393	4236	157	203	695	2815	523	83,68
Heu . .	2500	2199	2037	162	55	715	1004	263	42,80
Häcksel	2000	1806	1690	116	27	863	757	43	6,88
Zus.:		8398	7963	435	285	2273	4576	829	133,36

Berechnung der Nährstoffe in g im Gesamtfutter.

Futtermittel	Menge	Trockenmasse	Organische Masse	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extrakt-Stoffe	Rohprotein
	g	g	g	g	g	g	g	g
21. Bilanz: 14. 4.–19. 4. 1937. Versuchstier: III, IV.								
Hafer .	3500	3016	2895	121	129	615	1798	353
Heu .	2500	2230	2061	169	45	772	1035	209
Häcksel	2000	1773	1673	100	24	890	724	35
Zus.:		7019	6629	390	198	2277	3557	597
Kart.-stärke	1000	837	995	5	—	—	984	11
Zus.:		7856	7624	395	198	2277	4541	608
22. Bilanz: 9. 6.–13. 6. 1937. Versuchstier: III, IV.								
Hafer .	4887	4211	4042	169	181	772	2510	493
Heu .	2500	2230	2061	169	45	45	1035	209
Häcksel	2000	1773	1673	100	24	890	724	35
Zus.:		8214	7776	438	250	2520	4269	737
Kart.-stärke	1000	737	995	5	—	—	984	11
Zus.:		9151	8771	443	250	2520	5253	848
23. Bilanz: 28. 6.–3. 7. 1937. Versuchstier: III, IV.								
Hafer .	4020	3464	3325	139	149	706	2065	406
Heu .	2500	2230	2061	169	45	772	1035	209
Häcksel	2000	1773	1673	100	24	890	724	35
Zus.:		7467	7059	408	218	2368	3824	650
Kart.-stärke	1000	837	995	5	—	—	984	11
Zus.:		8304	8054	413	218	2368	4808	661
24. Bilanz: 9. 8.–14. 8. 1937. Versuchstier: III, IV.								
25. Bilanz: 23. 8.–28. 8. 1937. Versuchstier: III, IV.								
Hafer .	5000	4417	4257	160	232	916	2640	469
Heu .	2500	2230	2061	169	45	772	1035	209
Häcksel	2000	1773	1673	100	24	890	724	35
Zus.:		8420	7991	429	301	2578	4399	713
Kart.-stärke	1000	837	995	5	—	—	984	11
Zus.:		9257	8996	434	301	2578	5383	724

Berechnung der Nährstoffe in g im Gesamtfutter.

Futtermittel	Menge	Trockenmasse	Organische Masse	Rohasche	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extrakt-Stoffe	Rohprotein
	g	g	g	g	g	g	g	g
26. Bilanz: 16. 10.–22. 10. 1937. Versuchstier: III, IV.								
Hafer .	7000	6131	5805	326	270	1124	3691	720
Heu .	2500	2207	2076	131	53	854	994	175
Häcksel	2000	1773	1673	100	24	890	724	35
Zus.:		10111	9554	557	347	2868	5409	930

Eiweiß im Futter nach der Analyse.

Bilanz	Futtermittel	Rohprotein	Reineiweiß	In Pepsin u. HCl unlösl. Prot.	Verdauliches	
					Rohprot.	Reineiw.
		%	%	%	%	%
	Hafer	10,97	9,97	1,30	9,67	8,67
15, 16	Heu	12,16	10,50	6,58	5,58	3,92
	Häcksel	2,40	1,68	0,56	1,84	1,12
	Hafer	11,91	10,59	1,15	10,76	9,44
17, 18, 19	Heu	11,98	10,99	5,58	6,40	5,41
	Häcksel	2,40	1,68	0,56	1,84	1,12
	Hafer	11,72	10,46	1,47	10,25	8,99
21, 22, 23	Heu	9,39	8,68	4,38	5,01	4,30
	Häcksel	1,95	1,61	1,11	0,84	0,50
	Hafer	10,62	10,20	1,34	9,28	8,86
24, 25	Heu	9,39	8,68	4,38	5,01	4,30
	Häcksel	1,95	1,61	1,11	0,84	0,50
	Hafer	11,75	11,44	1,65	10,10	9,79
26	Heu	7,95	7,53	3,82	4,13	3,71
	Häcksel	1,95	1,61	1,11	0,84	0,50
21, 22, 23, 24, 25	Kartoffelstärke	1,08	0,54	0,12	0,96	0,42

Eiweiß im Futter nach der Analyse.

Bilanz	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26
Menge	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
Rohprotein	709	808	672	829	829	608	748	661	724	724	930
Reineiweiß	623	712	598	737	737	542	667	589	677	677	896
Verdauliches Rohprotein	503	591	503	644	644	446	568	492	547	547	725
Verdauliches Reineiweiß	417	495	429	552	552	380	487	420	500	500	691

Trockenmasse und Stickstoff im Frischkot.

Bilanz	Versuchstier	Kotmenge	Gesamt-N		N[1]	Rohprotein	Trockenmasse	
		g	%	g	g	g	%	g
15	III	15 731	0,223	34,97	16,95	219	—	—
	IV	14 130	0,265	37,61	16,85	235	—	—
16	III	13 908	0,271	37,63	20,31	235	23,45	3262
	IV	13 644	0,304	41,53	21,98	259	26,01	3545
17	III	13 910	0,192	26,71	12,48	167	20,80	2898
	IV	14 185	0,210	29,77	13,36	186	20,84	2951
18	III	15 791	0,213	33,64	15,14	210	22,35	3526
	IV	15 050	0,245	36,77	15,31	230	22,90	3440
19	III	14 784	0,220	32,54	15,75	203	23,73	3505
	IV	15 963	0,229	36,55	18,41	228	24,02	3841
21	III	15 052	0,215	32,38	15,08	202	22,49	3386
	IV	15 017	0,233	35,05	16,23	219	21,42	3217
22	III	16 548	0,238	39,39	20,03	246	24,25	4012
	IV	16 112	0,266	42,92	21,90	268	24,08	3880
23	III	15 435	0,223	34,39	17,52	215	23,64	3648
	IV	14 749	0,234	34,64	16,87	217	23,21	3424
24	III	15 100	0,212	31,94	16,98	200	24,98	3772
	IV	150 72	0,252	37,96	18,29	237	25,73	3877
25	III	15 550	0,218	33,90	18,19	212	25,29	3932
	IV	16 075	0,229	36,78	19,43	230	23,74	3816
26	III	16 000	0,239	38,22	19,35	239	24,46	3914
	IV	14 217	0,275	39,03	18,70	246	25,97	3692

[1] N aus in Pepsin und HCl unlöslichen Stickstoff-Verbindungen.

Eine Zusammenfassung über die Ausscheidung an Rohprotein, Rohfaser, Fett usw. im Kot ist in den Übersichten über die Zusammensetzung des Kotes in Hundertteilen der Trockenmasse zu finden. Die Zahlenwerte beziehen sich auf den Durchschnittswert der betr. Bilanz. Bei fast allen Nährstoffen findet man bei beiden Versuchspferden annähernd dieselben Mengen im Kot. Nur scheidet Pferd IV in allen Bilanzen — ganz gleich, ob es sich um leichte oder mittlere Arbeit handelt — mehr Rohprotein im Kot aus, d. h. die Verdauung des Rohproteins verläuft bei ihm ungünstiger als bei Versuchspferd III.

Zusammensetzung des Kotes in Hundertteilen der Trockenmasse.

Bilanz Nr.	Versuchstier	Organ. Masse %	Rohasche %	Rohfett %	Rohfaser %	N-freie Extrakt-Stoffe %	Rohprotein %	Stickstoff %
15	III	89,31	10,69	3,27	38,51	38,59	8,94	1,43
	IV	88,92	11,08	3,15	37,35	39,81	8,61	1,37
16	III	89,01	10,99	3,89	37,13	43,74	4,25	0,68
	IV	89,38	10,62	3,54	35,48	46,13	4,23	0,68
17	III	93,18	6,82	4,07	36,82	46,52	5,77	0,92
	IV	91,17	8,82	3,87	36,37	44,65	6,28	1,00
18	III	91,32	8,68	4,05	38,76	42,56	5,95	0,95
	IV	91,35	8,65	3,61	38,56	42,50	6,68	1,06
19	III	91,70	8,30	3,89	38,77	43,27	5,77	0,92
	IV	91,63	8,37	3,64	36,97	44,98	6,04	0,97
21	III	91,67	8,33	3,28	40,08	42,35	5,96	0,95
	IV	91,20	8,80	2,98	40,44	40,97	6,81	1,09
22	III	91,23	8,77	3,27	40,43	41,40	6,13	0,98
	IV	91,60	8,40	3,33	39,90	41,49	6,88	1,10
23	III	91,56	8,44	3,18	41,42	41,06	5,90	0,94
	IV	91,24	8,76	3,18	40,54	41,21	6,31	1,01
24	III	91,86	8,14	3,44	41,65	41,49	5,28	0,84
	IV	91,05	8,95	3,17	39,95	41,81	6,12	0,98
25	III	91,66	8,34	3,26	41,63	41,38	5,39	0,86
	IV	91,35	8,65	3,11	40,83	41,38	6,03	0,96
26	III	90,68	9,32	4,27	41,05	39,26	6,10	0,98
	IV	90,68	9,32	4,03	41,57	38,45	6,63	1,06

Auch in den folgenden Übersichten über die einzelnen Verdauungskoeffizienten für organische Masse, N-freie Extraktstoffe, Rohfaser, Asche und Fett sind kaum nennenswerte Unterschiede bei beiden Versuchspferden zu beobachten.

Zusammensetzung des Kotes in g.

Bilanz Nr.	Versuchs-Tier	Trocken masse	Organ. Masse	Roh-asche	Roh-fett	Roh-faser	N-freie Extrakt. Stoffe	Roh-prot.	Stick-stoff
		g	g	g	g	g	g	g	g
15	III	3263	2914	349	107	1257	1258	292	46,72
	IV	3470	3086	384	109	1296	1382	299	47,84
16	III	3262	2904	358	127	1211	1427	139	22,24
	IV	3545	3169	376	125	1258	1635	150	24,00
17	III	2898	2700	198	118	1067	1348	167	26,72
	IV	2951	2690	261	114	1073	1318	185	29,60
18	III	3526	3220	306	142	1367	1501	210	33,60
	IV	3440	3142	298	124	1326	1462	230	36,80
19	III	3505	3214	291	136	1358	1516	202	32,32
	IV	3841	3520	321	140	1420	1728	232	37,12
21	III	3386	3104	282	111	1357	1434	202	23,17
	IV	3217	2934	283	96	1301	1318	219	35,07
22	III	4012	3660	352	131	1622	1661	246	39,32
	IV	3880	3554	326	129	1548	1610	267	42,68
23	III	3648	3340	308	116	1511	1498	215	34,29
	IV	3424	3124	300	109	1388	1411	216	34,58
24	III	3772	3465	307	130	1571	1565	199	31,68
	IV	3877	3530	347	123	1549	1621	237	37,99
25	III	3932	3604	328	128	1637	1627	212	33,82
	IV	3816	3486	330	119	1558	1549	230	36,63
26	III	3915	3550	365	167	1607	1537	239	38,37
	IV	3693	3349	344	149	1535	1420	245	39,15

Verdauungskoeffizient für Rohfett.

Bilanz Nr.	Zeit	Versuchs-tier	Im Futter	Im Kot	Verdaut	
			g	g	g	%
15	21. 7.–30. 7. 1936	III	286	107	179	62
		IV	286	109	177	62
16	26. 8.– 3. 9. 1936	III	333	127	206	62
		IV	333	125	208	62
17	9. 11.–14. 11. 1936	III	224	118	106	47
		IV	224	114	110	49
18	26. 11.– 1. 12. 1936	III	285	142	143	50
		IV	285	124	161	56
19	13. 12.–18. 12. 1936	III	285	136	149	52
		IV	285	140	145	51
21	14. 4.–19. 4. 1937	III	198	111	87	44
		IV	198	96	102	52
22	9. 6.–13. 6. 1937	III	250	131	119	48
		IV	250	129	121	48

Bilanz Nr.	Zeit	Versuchstier	Im Futter g	Im Kot g	Verdaut g	Verdaut %
23	28. 6.– 3. 7. 1937	III	218	116	102	47
		IV	218	109	109	50
24	9. 8.–14. 8. 1937	III	301	130	171	57
		IV	301	123	178	59
25	23. 8.–28. 8. 1937	III	301	128	173	57
		IV	301	119	182	60
26	16. 10.–22. 10. 1937	III	347	167	180	52
		IV	347	149	198	57
	Verdauungskoeffizient für Asche.					
15	21. 7.–30. 7. 1936	III	466	349	117	25
		IV	466	384	82	18
16	26. 8.– 3. 9. 1936	III	498	358	140	28
		IV	498	376	122	24
17	9. 11.–14. 11. 1936	III	388	198	190	49
		IV	388	261	127	32
18	26. 11.– 1. 12. 1936	III	435	306	129	30
		IV	435	298	137	31
19	13. 12.–18. 12. 1936	III	435	291	144	33
		IV	435	321	114	26
21	14. 4.–19. 4. 1937	III	395	282	113	29
		IV	395	283	112	28
22	9. 6.–13. 6. 1937	III	443	352	91	21
		IV	443	326	117	26
23	28. 6.– 3. 7. 1937	III	413	308	105	25
		IV	413	300	113	27
24	9. 8.–14. 8. 1937	III	434	307	127	29
		IV	434	347	87	20
25	23. 8.–28. 8. 1937	III	434	328	106	24
		IV	434	330	104	24
26	16. 10.–22. 10. 1937	III	557	365	192	34
		IV	557	344	213	38
	Verdauungskoeffizient für Rohfaser.					
15	21. 7.–30. 7. 1936	III	2160	1257	903	42
		IV	2160	1296	864	40
16	26. 8.– 3. 9. 1936	III	2304	1211	1093	47
		IV	2304	1258	1046	45
17	9. 11.–14. 11. 1936	III	2065	1067	998	48
		IV	2065	1073	992	48
18	26. 11.– 1. 12. 1936	III	2273	1367	906	40
		IV	2273	1326	947	42
19	13. 12.–18. 12. 1936	III	2273	1358	915	40
		IV	2273	1420	853	37

Verdauungskoeffizient für Rohfaser.

Bilanz Nr.	Zeit	Versuchstier	Im Futter g	Im Kot g	Verdaut g	Verdaut %
21	14. 4.–19. 4. 1937	III	2277	1357	920	40
		IV	2277	1301	976	43
22	9. 6.–13. 6. 1937	III	2520	1622	898	36
		IV	2520	1548	972	39
23	28. 6.– 3. 7. 1937	III	2368	1511	857	36
		IV	2368	1388	980	41
24	9. 8.–14. 8. 1937	III	2578	1571	1007	39
		IV	2578	1549	1029	40
25	23. 8.–28. 8. 1937	III	2578	1637	941	37
		IV	2578	1558	1020	40
26	16. 10.–22. 10. 1937	III	2868	1607	1261	44
		IV	2868	1535	1333	47
	Verdauungskoeffizient für Organische Masse.					
15	21. 7.–30. 7. 1937	III	7168	2914	4254	59
		IV	7168	3086	4082	57
16	26. 8.– 3. 9. 1936	III	8032	2904	5128	64
		IV	8032	3169	4863	61
17	9. 11.–14. 11. 1936	III	6692	2700	3992	60
		IV	6692	2690	4002	60
18	26. 11.– 1. 12. 1936	III	7963	3220	4743	60
		IV	7963	3142	4821	61
19	13. 12.–18. 12. 1936	III	7963	3214	4749	60
		IV	7963	3520	4443	56
21	14. 4.–19. 4. 1937	III	7624	3104	4520	59
		IV	7624	2934	4690	62
22	9. 6.–13. 6. 1937	III	8771	3660	5111	58
		IV	8771	3554	5217	59
23	28. 6.– 3. 7. 1937	III	8054	3340	4714	59
		IV	8054	3124	4930	61
24	9. 8.–14. 8. 1937	III	8986	3465	5521	61
		IV	8986	3530	5456	61
25	23. 8.–28. 8. 1937	III	8986	3604	5382	60
		IV	8986	3486	5500	61
26	16. 10.–22. 10. 1937	III	9554	3550	6004	63
		IV	9554	3349	6205	65
	Verdauungskoeffizient für N-freie Extraktstoffe.					
15	21. 7.–30. 7. 1936	III	4013	1258	2755	68
		IV	4013	1382	2631	65
16	26. 8.– 3. 9. 1936	III	4587	1427	3160	69
		IV	4587	1636	2951	64
17	9. 11.–14. 11. 1936	III	3731	1348	2383	64
		IV	3731	1318	2413	65

Bilanz Nr.	Zeit	Versuchs-tier	Im Futter g	Im Kot g	Verdaut g	Verdaut %
18	26. 11.– 1. 12. 1936	III	4576	1501	3075	67
		IV	4576	1462	3114	68
19	13. 12.–18. 12. 1936	III	4576	1516	3060	67
		IV	4576	1728	2848	62
21	14. 4.–19. 4. 1937	III	4541	1434	3107	68
		IV	4541	1318	3223	71
22	9. 6.–13. 6. 1937	III	5253	1661	3592	68
		IV	5253	1610	3643	69
23	28. 6.– 3. 7. 1937	III	4808	1498	3310	69
		IV	4808	1411	3397	71
24	9. 8.–14. 8. 1937	III	5383	1565	3818	71
		IV	5383	1621	3762	70
25	23. 8.–28. 8. 1937	III	5383	1627	3756	70
		IV	5383	1579	3804	71
26	16. 10.–22. 10. 1937	III	5409	1537	3872	72
		IV	5409	1420	3989	74

Selbst die Verdauungskoeffizienten für Rohfaser sind namentlich in den Bilanzen 15, 16, 17, 18 bei beiden Pferden fast gleich. Von der 21. Bilanz an ist jedoch der Verdauungskoeffizient für Rohfaser bei Pferd IV höher. Diese besondere Verdauung ist auf ein sehr sorgfältiges Kauen und Einspeicheln des Futters zurückzuführen. Denn Pferd IV fraß ruhiger und langsamer als Pferd III. Auch das Rohprotein ist von Pferd IV etwas günstiger verdaut worden.

Hinsichtlich der Verdauung der Eiweißkörper wurden folgende Unterschiede gemacht:

1. verdauliches Rohprotein nach dem Tierversuch,
2. verdauliches Rohprotein mit Berücksichtigung der Stoffwechselprodukte,
3. verdauliches Rohprotein nach dem künstlichen Verdauungsversuch,
4. verdauliches Reineiweiß nach dem Tierversuch,
5. verdauliches Reineiweiß mit Berücksichtigung der Stoffwechselprodukte,
6. verdauliches Reineiweiß nach dem künstlichen Verdauungsversuch.

Die Übersichten zeigen, daß die Verdauungskoeffizienten bei Berücksichtigung der Stoffwechselprodukte wesentlich höher sind im Vergleich zu den Verdauungskoeffizienten aus dem Tierversuch und der künstlichen Verdauung. Annähernd stimmen die Verdauungs-

Verdauliches Rohprotein nach dem Tierversuch.

Bilanz Nr.	Versuchstier	Rohprotein im Futter	Rohprotein im Kot	Verdauliches Rohprotein	
		g	g	g	%
15	III	709	205	504	71
	IV	709	221	488	69
16	III	808	236	572	71
	IV	808	257	551	68
17	III	672	163	509	76
	IV	672	186	486	72
18	III	829	200	629	76
	IV	829	225	604	73
19	III	829	202	627	76
	IV	829	220	609	73
21	III	608	202	406	67
21	IV	608	219	389	64
22	III	748	246	502	67
23	III	661	215	446	67
24	III	724	199	525	73
25	III	724	212	512	71
26	III	930	239	691	74
22	IV	748	267	481	64
23	IV	661	216	445	67
24	IV	724	237	487	67
25	IV	724	230	494	68
26	IV	930	246	684	74

koeffizienten der künstlichen Verdauung mit den Bestimmungen nach dem Tierversuch überein. Diese Übersichten sind in der Hauptsache angefertigt, um die Unterschiede der Eiweißverdauung bei beiden Pferden näher zu kennzeichnen. Und es ist auch aus den Zahlenwerten zu ersehen, daß tatsächlich die Eiweißverdauung bei beiden Pferden trotz gleicher Fütterung, Haltung und Arbeit manchmal nicht unbeträchtlich voneinander abweicht, wie dies bei Besprechung der Stickstoffbilanzen noch deutlicher zu erkennen sein wird.

Für das Urteil über den Eiweißumsatz bei verschiedener Arbeitsleistung entscheidend ist die Stickstoffausscheidung im Harn und ihre Ermittlung ist daher für die Aufstellung einer Stickstoffbilanz von maßgebender Bedeutung. Der täglich anfallende Harn ist in mehreren Proben mit verschiedenen Wiederholungen auf seinen Stickstoffgehalt untersucht worden. Verluste an Stickstoff kommen nicht in Frage. Der in den folgenden Übersichten festgestellte Stickstoff in Hundertteilen, sowie in g je Tier und Tag kann somit als Grundlage für die Berechnung

Verdauliches Reineiweiß nach dem Tierversuch.

Bilanz Nr.	Versuchstier	Reineiweiß im Futter	Reineiweiß im Kot	Verdauliches Reineiweiß	
		g	g	g	%
15	III	623	182	441	71
16	III	712	202	510	72
17	III	598	152	446	75
18	III	737	182	555	75
19	III	737	174	563	76
21	III	542	184	358	66
22	III	667	216	451	68
23	III	589	194	395	67
24	III	677	181	496	73
25	III	677	192	485	72
26	III	896	225	671	75
15	IV	623	210	413	66
16	IV	712	228	484	68
17	IV	598	181	417	70
18	IV	737	199	538	73
19	IV	737	200	537	73
21	IV	542	187	355	65
22	IV	667	229	438	66
23	IV	589	190	399	68
24	IV	677	211	466	69
25	IV	677	208	469	69
26	IV	896	226	670	75

Verdauliches Rohprotein mit Berücksichtigung der Stoffwechselprodukte.

Bilanz Nr.	Versuchstier	Rohprotein im Futter	Unverdaul. Protein im Kot	Verdauliches Rohprotein	
		g	g	g	%
15	III	709	160	549	77
16	III	808	126	682	84
17	III	672	98	574	85
18	III	829	104	725	87
19	III	829	98	731	88
21	III	608	94	514	85
22	III	748	125	623	83
23	III	661	109	552	84
24	III	724	106	618	85
25	III	724	113	611	84
26	III	930	121	809	87
15	IV	709	167	542	76
16	IV	808	135	673	83
17	IV	672	104	568	85
18	IV	829	111	718	87
19	IV	829	115	714	86
21	IV	608	101	507	83
22	IV	748	137	611	82
23	IV	661	105	556	84
24	IV	724	114	610	84
25	IV	724	121	603	83
26	IV	930	117	813	87

Verdauliches Reineiweiß mit Berücksichtigung der Stoffwechselprodukte.

Bilanz Nr.	Versuchstier	Reineiweiß im Futter	Unverdaul. Protein i. Kot	Verdauliches Reineiweiß	
		g	g	g	%
15	III	623	160	463	74
16	III	712	126	586	82
17	III	598	98	500	84
18	III	737	104	633	86
19	III	737	98	639	87
21	III	542	94	448	83
22	III	667	125	542	81
23	III	589	109	480	81
24	III	677	106	571	84
25	III	677	113	564	83
26	III	896	121	775	86
15	IV	623	167	456	73
16	IV	712	135	577	81
17	IV	598	104	494	83
18	IV	737	111	626	85
19	IV	737	115	622	84
21	IV	542	101	441	81
22	IV	667	137	530	79
23	IV	589	105	484	82
24	IV	677	114	563	83
25	IV	677	121	556	82
26	IV	896	117	779	87

Verdauliches Rohprotein nach dem künstlichen Verdauungsversuch.

Bilanz Nr.	Versuchstier	Rohprotein im Futter	Unverdaul. Protein im Futter	Verdauliches Rohprotein	
		g	g	g	%
15	III IV	709	206	503	71
16	III IV	808	217	591	73
17	III IV	672	169	503	75
18	III IV	829	185	644	78
19	III IV	829	185	644	78
21	III IV	608	162	446	73
22	III IV	748	180	568	76
23	III IV	661	169	492	74
24	III IV	724	177	547	76
25	III IV	724	177	547	76
26	III IV	930	205	725	78

Verdauliches Reineiweiß nach dem künstlichen Verdauungsversuch.

Bilanz Nr.	Versuchstier	Reineiweiß im Futter g	Unverdaul. Protein im Futter g	Verdauliches Reineiweiß g	Verdauliches Reineiweiß %
15	III IV	623	206	417	67
16	III IV	712	217	495	70
17	III IV	598	169	429	72
18	III IV	737	185	552	75
19	III IV	737	185	552	75
21	III IV	542	162	380	70
22	III IV	667	180	487	73
23	III IV	589	169	420	71
24	III IV	677	177	500	74
25	III IV	677	177	500	74
26	III IV	896	205	691	77

des Eiweißumsatzes angesehen werden. Man findet, daß oft die täglichen Harnmengen starken Schwankungen unterliegen, die ausgeschiedene Stickstoffmenge jedoch nicht in demselben Maße von einem Tag zum andern abweicht. Entsprechend wie die täglichen Harnmengen je nach Witterung, Wasseraufnahme, Luftfeuchtigkeit, Arbeit usw. Unterschiede voneinander zeigen, ändert sich auch der Gehalt an Stickstoff in Hundertteilen. In den Bilanzen, in denen die Witterungsverhältnisse günstig waren, zugleich auch die Wasseraufnahme geringen Schwankungen unterlag, findet man daher die geringsten Abweichungen in der Harnmenge, im Stickstoff in Hundertteilen wie auch in g. Am Ende jeder Bilanz ist das Mittel der täglichen Stickstoffausscheidung bei beiden Pferden angegeben.

C. Messung der Arbeitsleistung.

Die Messung der Arbeitsleistung erfolgte in der bereits mitgeteilten Weise. In den folgenden Übersichten sind sämtliche Leistungswerte von allen Versuchen verzeichnet. In den weiteren Besprechungen dient im wesentlichen der jeweilige Arbeitswert in mkg als Grundlage der Berechnungen, weil bisher neben der Kraft in kg die Arbeit in mkg für gewöhnlich als Wertmesser benutzt wird. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß in weiteren Versuchen unbedingt auch die Leistung in mkg/sec oder in PS zu berücksichtigen sein wird. Denn es ist keineswegs gleichgültig, ob eine bestimmte Arbeit in kurzer oder längerer Zeit verrichtet wird. Deshalb wird bei späteren Versuchen diesem Umstand weitgehend Beachtung zu schenken sein. Eine Zusammenstellung der

Gesamtleistung findet man auf der Übersicht der durchschnittlichen Einzelleistung mit Berücksichtigung der Eigenbewegung. Ganz ähnlich wie die Futtergabe nach der wechselnden Arbeit zu bemessen ist, so wird auch der Nährstoffbedarf für die Eigenbewegung, je nachdem ob sich das Pferd auf Steinpflaster, Acker, Sand usw. bewegt, verschieden hoch zu bewerten sein. Man wird infolgedessen den Kraftaufwand für die Fortbewegung des Tieres unter den mannigfachen Bedingungen schwerlich einheitlich in Arbeits-mkg zu bestimmen vermögen, sondern vielmehr versuchen müssen, durch umfangreiche Versuche mit Pferden auf verschiedener Laufbahn, Erfahrungswerte über den Nährstoffbedarf für die Eigenbewegung bei verschiedener Arbeit und Leistung zu erhalten. Den Kraftaufwand, die Arbeit und schließlich die Leistung bei den Arbeitspferden in der Praxis zu ermitteln, woraus die erforderliche

Kraftmessungen.

Durchschnittliche Einzelleistungen mit Berücksichtigung der Eigenbewegung.

Bilanz	Versuchstier	mkg	Eigenbewegung mkg	Gesamtleistung mkg	Zugkilo	mkg/s	PS
15	III	758 875	210 960	969 835	82	54	0,72
16	III	958 857	200 296	1 159 153	103	68	0,91
17	III	514 443	223 980	738 426	60	40	0,53
18	III	872 818	216 664	1 089 482	88	57	0,76
19	III	871 533	202 729	1 074 262	89	59	0,79
20	—	—	—	—	—	—	—
21	III	524 878	236 423	761 301	61	41	0,55
22	III	1 035 215	188 376	1 223 591	110	68	0,91
23	III	645 462	229 136	874 598	71	47	0,63
24	III	—	227 681	227 681	—	—	—
25	III	1 220 581	222 288	1 442 869	118	77	1,02
26	III	1 257 735	278 201	1 535 936	96	60	0,80
15	IV	758 875	203 580	962 455	81	53	0,71
16	IV	958 857	194 300	1 153 157	102	67	0,89
17	IV	514 443	217 841	732 284	59	39	0,52
18	IV	872 818	208 287	1 081 105	87	57	0,76
19	IV	871 533	195 801	1 067 334	88	59	0,79
20	—	—.	—	—	—	—	—
21	IV	524 878	228 844	753 722	61	41	0,55
22	IV	—	—	—	—	—	—
23	IV	645 462	223 712	869 174	70	46	0,61
24	IV	1 220 275	212 438	1 432 713	116	74	0,99
25	IV	—	—	—	—	—	—
26	IV	1 257 735	266 238	1 523 973	96	60	0,80

Nährstoffgabe zu berechnen ist, wird verhältnismäßig gut gelingen. Es gibt jedoch nach dem heutigen Stand der Wissenschaft noch kein Hilfsmittel, den Kraftaufwand für die Eigengewichtsfortbewegung unter wechselnden Bedingungen zu erfassen. Dessen ungeachtet ist verständlich, daß es nicht gleichgültig sein kann, auf welcher Unterlage ein Tier eine bestimmte Arbeit leistet, und daß infolgedessen der erforderliche Nährstoffbedarf ganz erheblichen Schwankungen unterliegt. Da jedoch vorläufig diese Untersuchungsergebnisse noch nicht vorliegen, wird die Eigengewichtsbewegung in Anlehnung an die Versuche von E. v. Wolff [56] berechnet, um einen Überblick über die Gesamtleistung zu gewinnen.

D. N-Bilanz.

Nach O. Kellner [57] reicht 1 g Stärkewert zur Erzeugung von 533 mkg aus. Aus den Aufzeichnungen am Kraftmeßgöpel ist die geleistete Arbeit bekannt. So läßt sich leicht berechnen, welche Nähr-

Verabreichte Stärkewerte in den einzelnen Bilanzen.

Bilanz	Pferd	Arbeit mkg	Stärkewerte		Gesamt-Stärkewert	Verabreichter Stärkewert	Zu viel bzw. zu wenig
			Erhaltung	Leistung			
15	III	969 835	3395	1819	5214	3513	— 1701
16	III	1 159 153	3378	2174	5552	4226	— 1226
17	III	738 426	3388	1385	4773	3097	— 1676
18	III	1 089 482	3348	2044	5392	3874	— 1518
19	III	1 074 262	3343	2015	5358	3887	— 1471
21	III	761 301	3528	1428	4956	3585	— 1371
22	III	1 223 591	3454	2295	5749	4199	— 1550
23	III	874 598	3482	1641	5123	3790	— 1333
24	III	227 681	3567	427	3994	4681	+ 687
25	III	1 442 869	3485	2707	6192	4486	— 1706
26	III	1 535 936	3480	2881	6361	5112	— 1249
15	IV	9 62 455	3317	1806	5123	3319	— 1804
16	IV	1 153 157	3252	2164	5416	3950	— 1466
17	IV	732 284	3267	1374	4671	3102	— 1539
18	IV	1 081 105	3194	2028	5222	3974	— 1248
19	IV	1 067 334	3204	2003	5207	3581	— 1626
21	IV	753 722	3391	1414	4805	3784	— 1021
22	IV	220 000	3379	412	3791	4316	— 525
23	IV	869 174	3376	1631	5007	4017	— 990
24	IV	1 432 713	3300	2688	5988	4632	— 1356
25	IV	220 000	3350	412	3762	4676	+ 914
26	IV	1 523 973	3308	2859	6167	5336	— 831

stoffmenge zur Deckung der Arbeit notwendig gewesen wäre. In der folgenden Übersicht ist daher ermittelt, in welchem Verhältnis die verabreichte Stärkewertgabe zu der geforderten steht. Der Stärkewert für die Erhaltung wurde nach O. Kellner [58] berechnet, wonach für ein 500 kg schweres Pferd 3 300 kg Stärkewerte zu verabreichen sind.

Fast in allen Bilanzen wird durch negativen Stärkewertabschluß erreicht, daß der Eiweißstoffwechsel stets unter denselben Bedingungen erfolgte. Denn durch sehr hohen Stärkewert in einer oder der anderen Arbeits-Bilanz wäre u. U. eine Eiweißeinsparung zu verzeichnen gewesen. Das Ziel dieser Versuchsreihe war jedoch, den Eiweißumsatz

Berechnung in g des von den Versuchstieren aufgenommenen Stickstoffs nach verschiedenen Verfahren.

Bilanz Nr.	Vers.-Tier	Stickstoff im verdaulichen Rohprotein			Reineiweiß		
		a[1]	b[2]	c[1]	a[1]	b[1]	c[2]
15	III	80,64	87,84	80,48	70,56	74,08	66,72
16	III	91,52	109,12	94,56	81,60	93,76	79,20
17	III	81,44	91,84	80,48	71,36	80,00	68,64
18	III	100,64	116,00	103,04	88,80	101,28	88,32
19	III	100,32	116,96	103,04	90,08	102,24	88,32
21	III	64,96	82,24	71,36	57,28	71,68	60,80
22	III	80,32	99,68	90,88	72,16	86,72	77,92
23	III	71,36	88,32	78,72	63,20	76,80	67,20
24	III	84,00	98,88	87,52	79,36	91,36	80,00
25	III	81,92	97,76	87,52	77,60	90,24	80,00
26	III	110,56	129,44	116,00	107,36	124,00	110,56
15	IV	78,08	86,72	80,48	66,08	72,96	66,72
15	IV	88,16	107,68	94,56	77,44	92,32	79,20
17	IV	77,76	90,88	80,48	66,72	79,04	68,64
18	IV	96,64	114,88	103,04	86,08	100,16	88,32
19	IV	97,44	114,24	103,04	85,92	99,52	88,32
21	IV	62,24	81,12	71,36	56,80	70,56	60,80
22	IV	76,96	97,76	90,88	70,08	84,80	77,92
23	IV	71,20	88,96	78,72	63,84	77,44	67,20
24	IV	77,92	97,60	87,52	74,56	90,08	80,00
25	IV	79,04	96,48	87,52	75,04	88,96	80,00
26	IV	109,44	130,08	116,00	107,20	124,64	110,56

[1] Verdauliches Rohprotein bzw. Reineiweiß ermittelt aus dem Tierversuch.

[2] Verdauliches Rohprotein bzw. Reineiweiß mit Berücksichtigung der Stoffwechselprodukte.

[3] Verdauliches Rohprotein bzw. Reineiweiß ermittelt durch Analyse.

bei Arbeitspferden bei geringer Stärkewertgabe zu prüfen. Denn nur dadurch, daß alle Versuche in einer Richtung liegen, kann man sich gegenseitig bestätigende Ergebnisse erzielen. In weiteren Versuchen wird man den Eiweißumsatz bei der gleichen Arbeit und Eiweißgabe, aber bei mittleren und hohen Stärkewertgaben zu prüfen haben. Gerade der letzte Punkt verdient in besonderem Maße geprüft zu werden, da dabei vermutlich zu sehen sein wird, daß ebenso wie mit steigender Leistung der Eiweißbedarf je Arbeitseinheit sinkt, was wir hier noch feststellten, so auch mit mittleren bis hohen Stärkewertgaben noch eine weitere Herabsetzung im Eiweißbedarf eintritt.

Für den verdauten Stickstoffanteil der Eiweißkörper liegen die Zahlenwerte der vorstehenden Übersicht über die nach verschiedenen Verfahren ausgeführte Berechnung in g des von den Versuchstieren auf-

Stickstoff-Bilanz.

Bilanz	Pferd	Aufgenommener Stickstoff verd. Reineiweiß aus Tierversuch	Abgegebener Stickstoff im Harn	Stickstoff-Bilanz
		g	g	g
15	III	70,56	84,72	— 14,16
16	III	81,60	95,86	— 14,26
17	III	71,36	68,83	+ 2,53
18	III	88,80	89,91	— 1,11
19	III	90,08	81,66	+ 8,42
21	III	57,28	62,89	— 5,61
22	III	72,16	90,51	— 17,35
23	III	63,20	87,89	— 24,69
24	III	79,36	71,08	+ 8,28
25	III	77,60	90,82	— 13,22
26	III	107,36	117,15	— 9,79
15	IV	66,08	77,79	— 11,71
16	IV	77,44	85,36	— 7,92
17	IV	66,72	63,13	+ 3,59
18	IV	86,08	89,47	— 3,39
19	IV	85,92	88,61	— 2,69
21	IV	86,80	73,04	— 16,24
22	IV	70,08	75,74	— 5,66
23	IV	63,84	80,50	— 16,66
24	IV	74,56	81,61	— 7,05
25	IV	75,04	65,81	+ 9,23
26	IV	107,20	111,15	— 3,95

genommenen Stickstoffs vor. Sie sollen zeigen, wie wichtig es ist, bei Mitteilungen, insbesondere aus dem Gebiet der Verdaulichkeit der Eiweißstoffe, genaue Unterscheidungen innezuhalten, da andernfalls unmögliche Werte zustande kommen können.

Nach unserer bisherigen Erkenntnis ist es nur dem Wiederkäuer möglich, Stickstoffverbindungen (Amidgemische) des Rohproteins in begrenztem Umfange zu Körpereiweiß aufzubauen. Für das Pferd geht daher der überwiegende Teil der nicht vollwertigem Eiweiß entsprechenden Amidgemische vermutlich für den Eiweißersatz verloren.

Berechnung der erforderlichen Eiweißmenge um N-Gleichgewicht zu erreichen.

Bilanz	N-Bilanz im Versuch N	Im Futter verabreicht: Verdauliches Reineiweiß	Zu viel bzw. zu wenig um N-Gleichgewicht zu erreichen: Verd. Reineiweiß	N-Gleichgewicht bei verd. Reineiweiß
	g	g	g	g
		Versuchspferd III		
15	— 14,16	441	— 88	529
16	— 14,26	510	— 89	599
16	+ 2,53	446	+ 15	431
18	— 1,11	555	— 7	562
19	+ 8,42	563	+ 53	616
21	— 5,61	358	— 35	393
22	— 17,35	451	— 108	559
23	— 24,69	395	— 154	549
24	— 8,28	496	— 52	548
25	— 13,22	485	— 83	568
26	— 9,79	691	— 61	732
		Versuchspferd IV		
15	— 11,71	413	— 73	486
16	— 7,92	484	— 50	534
17	+ 3,59	417	+ 22	395
18	— 3,39	538	— 21	559
19	— 2,69	537	— 17	554
21	— 16,24	355	— 101	456
22	— 5,66	438	— 35	473
23	— 16,66	399	— 104	503
24	— 7,05	466	— 44	510
25	+ 9,23	469	+ 57	412
26	— 3,95	670	— 25	695

Infolgedessen wird man hier die Bewertung der Eiweißverdauung und des Stickstoffumsatzes am sichersten nach dem verdauten Anteil des Reineiweißes bemessen. Die Stickstoffbilanz ist deshalb wie folgt berechnet worden: Stickstoffaufnahme im verdauten Reineiweiß — Stickstoffabgabe im Harn. Der Unterschied ergibt dann die Stickstoffbilanz, wobei noch der Abzug für den Stickstoffansatz von Haar, Huf und Haut von täglich etwa 2 g [59] zu machen ist. Da diese noch abzuziehende Stickstoffmenge stets konstant bleibt[1], ist sie vorläufig bei den weiteren Berechnungen fortgelassen worden.

Aus den Stickstoffbilanzwerten wird festgestellt, wie hoch die Menge des verdaulichen Reinproteins in den einzelnen Bilanzen hätte sein müssen, um Stickstoffgleichgewicht zu erreichen. Dabei muß einstweilen die Tatsache unbeachtet bleiben, daß bei entsprechend

Bedarf an verdaulichem Reineiweiß für je 100 000 mgk bei verschieden hoher Arbeit.

Bilanz	Arbeit mgk	Für je 100000 mkg verdaul. Reineiweiß g
15	758 875	70
16	958 857	62
17	514 443	84
18	872 818	64
19	871 533	70
21	524 878	74
22	1 035 215	53
23	645 462	85
24	—	—
25	1 220 581	46
26	1 257 735	58
15	758 875	64
16	958 857	56
17	514 443	76
18	872 818	64
19	871 533	63
21	524 878	87
22	—	—
23	645 462	78
24	1 220 275	42
25	—	—
26	1 257 735	55

[1]) Natürlich ändert sie sich eigentlich auch, namentlich in der Zeit des Haarwechsels.

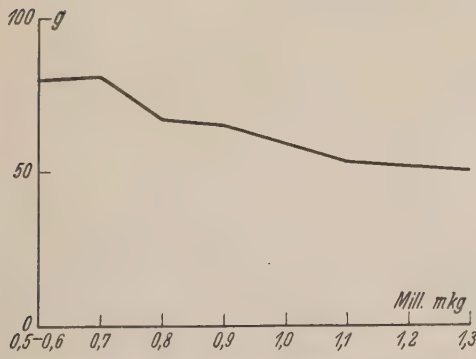
höherer Eiweißbeifütterung wieder gewisse Mehraufwendungen und Verluste an Eiweiß noch einen näher nicht anzugebenden Ausfall geringeren Umfanges an Eiweiß bedingt haben würden.

Es bleibt nur noch zu ermitteln, in welcher Weise sich der Bedarf an verdaulichem Eiweiß bei niedriger Stärkewertgabe je Arbeitseinheit verändert. Da die Arbeitsaufwendungen für die Eigengewichtsbewegung noch nicht erforscht sind und außerdem bei allen unseren Versuchen infolge der gleichen Voraussetzungen kaum nennenswert voneinander abweichen würden, blieben sie bei diesen Berechnungen unbeachtet. Man findet auf den Übersichten die Arbeit in mkg und dann die für je 100000 mkg bei den verschieden hohen Arbeitsleistungen erforderlichen Eiweißmengen in Form von verdaulichem Reineiweiß.

Bedarf an verdaulichem Reineiweiß bei steigender Arbeit für je 0,1 Mill. mkg.

Arbeit Mill. mkg	Versuchspferd III	Mittel	Versuchspferd IV	Mittel	Mittel beider Pferde
0,5–0,6	87; 74	79	76; 87	81	80
0,6–0,7	85	85	78	78	81
0,7–0,8	70	70	64	64	67
0,8–0,9	64; 70	67	64; 63	63	65
0,9–1,0	62	62	56	56	59
1,0–1,1	53	53	—	—	53
1,1–1,2	—	—	—	—	—
1,2–1,3	46; 58	52	42; 55	48	50

Kurvenbild des verminderten Eiweißbedarfes je 0,1 Mill. mgk bei steigender Arbeit.



Schließlich ist in der letzten Übersicht die Arbeit in mkg und in Grenzwerten steigend von der niedrigsten bis zur höchsten Leistung mit den entsprechenden Eiweißwerten beider Versuchspferde angegeben. Hierbei kommen sämtliche Bilanzergebnisse wahllos durcheinander, je nachdem, in welche Arbeitsgruppe sie einzureihen waren. Trotzdem ergibt sich aber zum Abschluß durch die Technik der Versuche eine vorzügliche

Gesetzmäßigkeit der Ergebnisse. Wir sehen an zwei einfachen Zahlenreihen in der Spalte für Arbeit in mkg und in der für das erforderliche verdauliche Reineiweiß für je 100000 mkg im Mittel beider Versuchspferde, wie mit steigender Arbeit der Bedarf an verd. Reineiweiß je Arbeitseinheit (0,1 Mill. mgk) abnimmt. Wenn auch bekannt ist, daß die Kraftleistungen zum größten Teil durch Zufuhr von Kohlenhydraten zu decken sind, so zeigen doch die hier gewonnenen Erkenntnisse zum erstenmal klar und eindeutig, in welchem Umfang der Bedarf an verdautem Reineiweiß mit steigender Arbeit für die Leistungseinheit zurücktritt. Auf Grund der hier gewonnenen Erfahrungen werden nach Abschluß der noch bevorstehenden Versuchsreihen die Futtergaben für Arbeitspferde nach neuen, hier bereits angekündigten Grundsätzen aufzustellen sein, so daß dann auch die Praxis über die Streitfrage des Eiweißbedarfs hoffentlich bald Klarheit haben wird und in der Lage ist, die Fütterung der Pferde nach physiologisch wie wirtschaftlich richtigen Gesichtspunkten durchzuführen.

Zusammenfassung.

Mit Hilfe einer neu geschaffenen Kraftmeßeinrichtung konnten Untersuchungen über den Eiweißbedarf von Pferden bei steigender Arbeit mit der erforderlichen Genauigkeit durchgeführt werden.

Bei steigender Arbeit steigt je Arbeitseinheit, die hier mit 0,1 Mill. mkg angenommen wird, nicht gleichzeitig auch der Bedarf an verdaulichem Reineiweiß.

Bedarf an verdaulichem Reineiweiß bei steigender Arbeit für je 0,1 Mill. mkg:

Mill. mkg Arbeit	Bedarf an verdaulichem Reineiweiß g
0,5–0,6	80
0,6–0,7	81
0,7–0,8	67
0,8–0,9	65
0,9–1,0	59
1,0–1,1	53
1,1–1,2	—
1,2–1,3	50

Während bei einer Arbeit von 0,5–0,6 Mill. mkg für je 0,1 Mill. mkg 80 g verdauliches Reineiweiß benötigt werden, sinkt der Eiweißbedarf bei stärkerer Arbeit von 1,2–1,3 Mill. mkg auf 50 g verdauliches Reineiweiß herab. Damit ist erwiesen, daß der Eiweißbedarf nicht proportional der Arbeit wächst, sondern mit steigender Arbeit je Arbeitseinheit abnimmt.

Summary.

A new created installation to measure the force helped us examine the need of albumen for horses at increasing work with the necessary precision.

The need of digestible pure-albumen do not increase at the same time with increasing work for each unit of work, which is here fixed with 0,1 Mill. mkg.

Need of digestible pure albumen at increasing work for each 0,1 Mill. mkg.

work Mill. mkg	Need of digestible pure-albumen g
0,5–0,6	80
0,6–0,7	81
0,7–0,8	67
0,8–0,9	65
0,9–1,0	59
1,0–1,2	53
1,1–1,2	—
1,2–1,3	50

While 80 g digestible pure-albumen are necessary at a work of 0,5–0,6 Mill. mkg each 0,1 Mill. the need of albumen declines at increasing work of 1,2–1,2 Mill. mkg to 50 g digestible pure-albumen.

This is to prove that the need of albumen do not increase proportional the work, but declines with increasing work for each unit of work.

Schrifttumsnachweis.

1. O. Kellner, Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere. 8. Aufl. 1919, 491. — 2. H. Thoms, Biochem. Z. **33** (1911) 341. — 3. H. H. Mitchell, J. biol. Chem. **58** (1924) 873; **58** (1924) 923; **58** (1924) 905. — 4. H. Möllgaard, Grundzüge der Ernährungsphysiologie der Haustiere. 1931, S. 252. — 5. H. H. Mitchell, Bull. nat. res. Counc. **67** (1929) 7. — 6. C. Röse, Z. exper. Med. **94** (1934) 597; **96** (1935) 793. — 7. K. Felix, Die Ernährung. **1**, Heft 1 (1936) 31. — 8. H. Thoms, Arch. Physiol. **14** (1903) 112. — 9. E. F. Terroine u. H. Sorg-Matter, Arch. internat. Physiol. **29** (1927) 121. — 10. E. Voit u. A. Korkunoff, Z. Biol. **32** (1895) 58. — 11. O. Kellner, Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere. 1924, S. 446. — 12. H. Möllgaard, Grundzüge der Ernährungsphysiologie der Haustiere. 1931, S. 255. — 13. E. F. Terroine u. H. Sorg-Matter, Arch. internat. Physiol. **28** (1927) 115. — 14. E. F. Terroine u. T. Reichert, Arch. internat. Physiol. **32** (1930) 337. — 15. Sherman u. Gettler, J. biol. Chem. **11** (1912) 323. — 16. Mac Collum u. Hoaglund, J. biol. Chem. **16** (1913) 321. — 17. E. F. Terroine u. H. Champagne, C. R. Acad. Sci. Paris **194** (1932) 203. — 18. E. v. Wolff, W. Funke, C. Kreuzhage u. O. Kellner, Die landw. Vers. Stat. **20** (1876) 125, 169; **21** (1877) 19. – E. v. Wolff, Landw. Jahrb. **8**, Erg.-Bd. (1879); Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes. 1886; E. Wolff u. C. Kreuzhage, Landw. Jahrb. **24** (1895) 125–308. — 19. L. Grandeau u. A. Leclerc, Études experimentales sur l'alimentation du cheval de trait. Deuxième mémoire. 1883, S. 167. — 20. A. Müntz, Annales de l'Institut National Agronomique **3** (1879). — 21. N. Zuntz (Mitarbeiter), Landw. Jahrb. **18** (1889) 1; **23** (1894) 125; **27**, 3. Erg.-Bd. (1898) 430. — 22. Henry u. Morrison, Feeds and Feeding, Milwaukee Wisc. 19. Aufl. 1928. — 23. Nils Hansson, Fütterung der Haustiere. 1929, S. 193. — 24a. H. Möllgaard, Grundzüge der Ernährungsphysiologie der

Haustiere. 1931. — 24b. H. Nitsche, Landw. Jahrb. **82** (1936) 430. — 25. R. Steinhardt, Landw. Vers. Stat. **124** (1935) 87. — 26. N. Zuntz u. O. Hagemann, Landw. Jahrb. **27**, 3. Erg.-Bd. (1898) 315. — 27. K. Temper, Landw. Jahrb. **66** (1927) 259. — 28. M. Teschner, Landw. Jahrb. **66** (1927) 361. — 29. E. v. Wolff, Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes 1886, S. 11. — 30. E. v. Wolff, Landw. Jahrb. **8**, Erg.-Bd. (1879) 105. — 31. G. Lehmann, Handb. d. Biochemie, 2. Aufl. **6** (1926) 2, 12, 13, 24. — 32. Z. M. Bacq, Ann. Physiol. (Fr.) **5** (1927) 477.— 32. F. Groebbels, Z. Biol. **70** (1920) 477. — 34. D. Herzog, Arch. Tierernährg. u. Tierzucht **3** (1930) 601. — 35. E. v. Wolff, Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes. 1886, S. 12. — 36, 37. H. Möllgaard, Grundzüge der Ernährungsphysiologie der Haustiere. 2. Aufl., 1931, S. 136. — 38. H. Möllgaard, Grundzüge der Ernährungsphysiologie der Haustiere. 1931, S. 130, 131. — 39. P. Ehrenberg, Die neuzeitl. Fütterung des landw. Arbeitspferdes. 1932, S. 20. — 40. H. Möllgaard, Grundzüge der Ernährungsphysiologie der Haustiere. 1931, S. 95. — 41. Nils Hansson, Fütterung der Haustiere. 1929, S. 17. — 42. H. Möllgaard, Grundzüge der Ernährungsphysiologie der Haustiere 1931, S. 379. — 43. O. Kellner, Die Ernährung der landw. Nutztiere. 8. Aufl. 1919, S. 60, 433. — 44. P. Ehrenberg, Die neuzeitl. Fütterung des landw. Arbeitspferdes. 1932, S. 22. — 45. H. Nitsche, Landw. Jahrb. **82** (1936) 429. — 46. W. Wöhlbier, Tierernährung **1** (1930) 428. — 47. E. Mangold, Der Forschungsdienst, Sonderheft 2, 1935, S. 36. — 48. W. Wöhlbier, Tierernährung **1** (1930) 448. — 49. E. Mangold, Der Forschungsdienst, Sonderheft 2, 1935, S. 35. — 50. H. Nitsche, Biochem. Z. **294** (1937) 174. — 51. H. Nitsche, Landw. Jahrb. **82** (1936) 430. — 52. N. Zuntz, Landw. Jahrb. **27**, 3. Erg.-Bd. (1898). — 53. O. Kellner, Die Ernährung der landw. Nutztiere, 8. Aufl. 1919, S. 494. — 54. Nils Hansson, Fütterung der Haustiere. 1929, S. 193. — 55. H. Möllgaard, Grundzüge der Ernährungsphysiologie der Haustiere 1931. — 56. E. v. Wolff, Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes. Berlin 1887, S. 4. — 57, 58. O. Kellner, Die Ernährung der landw. Nutztiere. 8. Aufl. 1919, S. 486. — 59, 60. H. Nitsche, Biochem. Z. **294** (1937) 177.

Printed in Germany Großbuchdruckerei Paul Dünnhaupt, Köthen (Anhalt)

Sonderdruck aus „Tierernährung“ 11 (1939) 48–54

Überreicht vom Verfasser

(Aus dem Agrikulturchemischen und Bakteriologischen Institut der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau.)

Zum Untersuchungsverfahren von Pferdekot bei Stoffwechseluntersuchungen.

Von

Herbert Nitsche, Breslau.

(Eingegangen am 10. Januar 1939.)

Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H.
Leipzig

Im allgemeinen liegt es nahe, bei Stoffwechselversuchen an Pferden den Kot in trockenem Zustand zu untersuchen. Dies Verfahren gestattet dem Untersuchenden, die Analysen zu beliebigem Zeitpunkt auszuführen. Zu prüfen bleibt jedoch die Frage: Hat die Trocknung des frischen Pferdekotes einen Einfluß auf den Nährstoffgehalt? Daneben verdient gleichzeitig die Art der Zerkleinerung der zu untersuchenden Masse bei Analysen in frischem oder getrocknetem Zustande Beachtung.

A. Zaitscheck [1], der sich nach dieser Seite hin sehr eingehend bemüht hat, findet ganz beachtliche Stickstoffverluste durch die Trocknung der frischen Masse: Mensch = 5,41%, Hund = 12,64%, Pferd = 5,93%. Man sieht, daß die Art der Vorbereitung und Untersuchung bei Stoffwechselversuchen wohl in Rechnung zu setzen ist. Weiter genügt u. a. nach W. Krzywanek [2] selbst Säurezusatz bei Trocknung des Kotes oder Anwendung des Vakuums nicht vollständig, so daß man für die Proteinbestimmung möglichst viele Analysen aus dem Frischkot fordern muß. Schließlich kommen A. D. Emmet und H. S. v. Grindley [3] nach vielen Untersuchungen an lufttrockener und frischer Masse zu dem Ergebnis, daß man aus dem frischen ungetrockneten Kot Rohprotein, Fett wie auch Kohlenhydrate sehr wohl bestimmen kann, wenn die zu untersuchende Masse in einem genügenden Zerkleinerungsgrad vorliegt. Hier wird also dem Zustand der zu untersuchenden Proben besonderes Augenmerk geschenkt.

Die täglich anfallende Kotmenge bei Pferde-Stoffwechselversuchen wird in geschlossenen Behältern aufbewahrt. Bei größerer Wärme empfehlen sich nach A. Stutzer [4] Zusätze von Schwefelkohlenstoff, oder, wie es am Breslauer Agrikulturchemischen Institut geschieht, von einigen Kubikzentimetern Chloroform, damit nicht unerwünschte Bakterientätigkeit einsetzt. In der kühleren Jahreszeit können diese Zugaben auch unterbleiben, da die Verarbeitung des Kotes alsbald

nach jeder Probenahme beginnt. Aus dem gesamten Kot entnimmt man kleinere Mengen, die auf einem sauberen Blech gewissenhaft durchgemischt werden. Von dieser Mischung bringt man einzelne Proben in eine mit Glasstopfen verschließbare Glaskrause als zu untersuchende Tagesdurchschnittsprobe. Das Mischen muß sehr sorgfältig ausgeführt werden, da andernfalls keine einwandfreien Durchschnittsproben zu erzielen sind, wie dies auch G. Fingerling [5] beobachtet hat. Diese tägliche Durchschnittsprobe dient zur Analyse der noch im Kot vorhandenen Nährstoffmengen. H. Moellgaard [6] hingegen begnügt sich, aus den täglichen Kotproben am Ende des Versuches eine Sammelprobe herauszustellen und nur diese zu analysieren. Hierbei dürften jedoch Fehlerquellen drohen, da selbst Aufbewahrung der frischen Kotproben im Eisschrank nach W. Krzywanek [7] Verlusten aus dem Kot nur unzureichend vorbeugt. Dazu wechselt die Kotmenge wie ihr Wasser- und Nährstoffgehalt nicht selten von einem Tage zum anderen merkbar, und daher bietet eine Kotsammelprobe jedenfalls bei Pferdeversuchen kaum volle Gewähr für die Gewinnung einer einwandfreien Durchschnittsanalysenzahl, selbst wenn aus ihr mehrere Vergleichsuntersuchungen ausgeführt werden. Bei allen wichtigen Arbeiten über Stoffwechsel bei Pferden dürften tägliche Probenahme und Untersuchung des anfallenden Kotes zu fordern sein. Dieser Ansicht tragen wir daher seit Jahren auch bei den Stoffwechseluntersuchungen an Pferden Rechnung, die im Breslauer Agrikulturchemischen Institut zur Durchführung kommen. Um indessen noch zum angeführten Schrifttum Ergänzungen zu bringen und für unsere Feststellungen über Ernährungs- und Stoffwechselfragen beim Pferde Fehlermöglichkeiten nach Kräften auszuschalten, ist von mir die Untersuchung des Pferdekotes unter freundlicher Mitarbeit der Württembergischen Landesversuchsanstalt für landwirtschaftliche Chemie und der Anstalt für Pflanzenernährung in Hohenheim ergänzend bearbeitet worden. Dabei wurden dieselben frischen Pferdekotproben, verschieden behandelt, zu gleicher Zeit am hiesigen Institut und von der Württembergischen Versuchsanstalt untersucht, wobei die Anstalt für Pflanzenernährung durch den Besitz einer Zerkleinerungs- und Mischmaschine für Frischmasse unsere Untersuchungsvorbereitung noch besonders erweitern konnte. Durch Verarbeitung der frischen Kotmasse in dieser Maschine[1] wird die zu untersuchende Masse in eine Paste umgeformt. Zur Verfügung standen folgende 4 Kotproben:

[1] Vgl. Pflanzenernährung u. Düngung **43** (1936) 186.

1. Ohne jede Vorbereitung frisch;
2. Vorgetrocknet und gemahlen;
3. Paste[1] frisch;
4. Paste vorgetrocknet und gemahlen.

Da in Breslau keine Zerkleinerungsmaschine zur Verfügung stand, so konnten hier nur Untersuchungen mit den Proben 1 und 2 ausgeführt werden. Es folgen die Untersuchungsergebnisse der Württembergischen Landesversuchsanstalt und die eigenen Analysenwerte.

Tabelle 1.
Analysen der Württembergischen Landes-Versuchsanstalt.

Pferdekot	Wasser	Rohprot.	Rohfett	Rohfaser	Asche	N-freie Extrakt-Stoffe	Verd. Rohprot.	Reinei-weiß	Verd. Ei-weiß
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Ohne jede Vorbereitung frisch analysiert . .	84,61	1,23	0,57	5,57	1,62	6,40	0,65	1,09	0,51
	84,73	1,24	0,57	5,59	1,61	6,26	0,66	1,09	0,51
Mittel	84,67	1,23	0,57	5,58	1,61	6,33	0,65	1,09	0,51
Vorgetrocknet, gemahlen und analysiert . . .	85,42	1,16	0,35	5,45	1,51	6,11	0,48	0,99	0,31
	85,64	1,16	0,36	5,22	1,49	6,13	0,48	1,00	0,32
Mittel	85,53	1,16	0,35	5,34	1,50	6,12	0,48	0,99	0,31
Paste frisch analysiert .	84,66	1,23	0,59	5,70	1,62	6,20	0,68	1,14	0,59
	84,85	1,23	0,56	5,70	1,64	6,02	0,69	1,13	0,59
Mittel	84,76	1,23	0,57	5,70	1,63	6,11	0,68	1,13	0,59
Paste vorgetrocknet und gemahlen analysiert .	85,19	1,10	0,34	5,60	1,54	6,23	0,41	1,02	0,34
	85,13	1,14	0,36	5,73	1,53	6,11	0,47	0,99	0,32
Mittel	85,16	1,12	0,35	5,66	1,53	6,17	0,44	1,01	0,33
Gesamtmittel.	85,03	1,19	0,46	5,57	1,57	6,18	0,56	1,06	0,44
Frische Proben	84,71	1,23	0,57	5,64	1,62	6,22	0,67	1,11	0,55
Getrocknete Proben .	85,35	1,14	0,35	5,50	1,52	6,15	0,46	1,00	0 32

Es liegt nicht im Rahmen dieser Arbeit, die Veränderungen des Nährstoffgehaltes der zu uuntersuchenden Proben durch Trocknen und Mahlen in allen Einzelheiten zu erforschen, doch seien kurz die Unterschiede der Analysenwerte bei Verarbeitung der Proben nach ver-

[1] Die Paste wurde in Hohenheim von der Anstalt für Pflanzenernährung durch Bearbeitung der Frischmasse in einer Zerkleinerungs- und Mischmaschine hergestellt.

Tabelle 2.
Eigene Untersuchungen der Probe 1.

Wiederholung	Wasser	Asche	Rohprot.	Verd. Rohprot.	Reinprot.	Verd. Reinprot.	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extr.-stoffe
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Probe 1 . . .	84,47	1,65	1,22	0,64	1,08	0,50	0,59	5,56	6,51
Probe 2 . . .	84,36	1,64	1,20	0,62	1,05	0,47	0,57	5,72	6,51
Probe 3 . . .	84,49	1,66	1,18	0,60	1,06	0,48	0,64	5,96	6,07
Probe 4 . . .	84,66	1,62	1,19	0,61	1,07	0,49	0,65	5,94	5,94
Probe 5 . . .	—	—	1,23	0,65	1,07	0,49	0,60	5,88	—
Probe 6 . . .	—	—	1,20	0,62	1,06	0,48	0,62	5,86	—
Mittel: Eigene Untersuchungen .	84,49	1,64	1,21	0,62	1,06	0,48	0,61	5,82	6,32
Württ. Vers.-Stat.: unbehand. frisch	84,67	1,61	1,23	0,65	1,09	0,51	0,57	5,58	6,33

Tabelle 3.
Eigene Untersuchungen der Probe 2.

Wiederholung	Wasser	Asche	Rohprot.	Verd. Rohprot.	Reinprot.	Verd. Reinprot.	Rohfett	Rohfaser	N-freie Extr.-stoffe
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Probe 1 . . .	2,60	9,98	7,36	3,11	6,10	1,85	2,75	35,46	41,85
Probe 2 . . .	2,52	9,86	7,43	3,18	6,56	2,31	2,83	36,38	40,98
Probe 3 . . .	2,56	9,99	7,39	3,14	6,50	2,25	2,78	35,86	41,42
Probe 4 . . .	2,30	9,93	7,46	3,21	6,51	2,26	2,80	35,98	41,53
Mittel: Eigene Untersuchungen .	2,49	9,94	7,41	3,16	6,42	2,17	2,79	35,92	41,44

schiedenen Verfahren hervorgehoben. Beim Vergleich der Analysen des Frischkotes sind nach der KJELDAHL-Analyse die Ergebnisse für Rohprotein bei allen Untersuchungen annähernd gleich. Nur die aus der getrockneten Masse ermittelten Zahlen sind etwas niedriger. Die Zerkleinerung der frischen Masse hat auf die Bestimmung des Rohproteins, wie anzunehmen ist, keinen Einfluß. Die Trocknung führte zu geringen Stickstoffverlusten, der erhaltene Stickstoffwert ist, wie dies auch W. SCHRAMM [8] bei Untersuchungen mit Schweinekot nachweist, zu niedrig. Bei Stoffwechseluntersuchungen wird infolgedessen der Verdauungskoeffizient zu hoch ausfallen. Ähnliches gilt von den

Tabelle 4.

Sämtliche Werte bezogen auf Trockenmasse.

	Rohprot. %	Rohfett %	Rohfaser %	Rohasche %	N-freie Extr.-stoffe %	Verd. Rohprot. %	Reineiweiß %	Verd. Reineiweiß %
1. Ohne Vorbereitung frisch analysiert:								
Württ. Vers.-Stat.	8,02	3,72	36,40	10,50	41,29	4,24	7,11	3,32
Verfasser	7,80	3,93	37,52	10,57	40,75	4,00	6,83	3,09
2. Vorgetrocknet und gemahlen analysiert:								
Württ. Vers.-Stat.	8,02	2,42	36,90	10,37	42,29	3,32	6,84	2,14
Verfasser	7,60	2,86	36,84	10,20	42,50	3,24	6,66	2,28
3. Paste frisch analysiert:								
Württ. Vers.-Stat.	8,07	3,74	37,40	10,70	40,09	4,46	7,41	3,87
4. Paste vorgetrocknet und gemahlen analysiert:								
Württ. Vers.-Stat.	7,55	2,36	38,14	10,31	41,58	2,96	6,81	2,22

Reineiweißbestimmungen. Hier liegt allerdings der Wert von 7,41% aus der im frischen Zustand analysierten Paste etwas über den anderen Ergebnissen. Die Angriffsfläche für das Kupferhydroxyd ist durch die Zerkleinerung des Kotes fraglos größer geworden, so daß die Ausfällung des Reineiweißes nach F. Barnstein [9] vollständiger erfolgte. Ohne Zerkleinerung der frischen Masse wird daher ein etwas zu niedriger Reineiweißwert ermittelt und eine günstigere Verdaulichkeit des Futters vorgetäuscht. Die Anwendung geeigneter Hilfsmaschinen ist somit ratsam. Solange aber keine einwandfreie Mischmaschine für frische Kotmassen bekannt bzw. verfügbar ist, wird man auch die Reineiweißbestimmung aus der frischen unzerkleinerten Probe ausführen, zumal durch das Trocknen und Mahlen, wie der Versuch zeigt, jedenfalls keine besseren Werte erzielt werden. Bei meinen Analysen wie auch bei denen der Württembergischen Landesversuchsanstalt ist fast stets der Verdaulichkeitswert des Roh- und Reinproteins der trockenen Masse erheblich niedriger als bei der Analyse aus Frischmasse. Die Fettanalysen weisen beim getrockneten Kot überall geringere Werte auf. Die Zahlen aus der Frischmasse dürften dadurch bedingt sein, daß wahrscheinlich die Vortrocknung nicht vollständig gewesen ist, so daß neben den ätherlöslichen Stoffen auch noch wasserlösliche als Fett in Er-

scheinung treten. Dieser Fehler läßt sich ohne Schwierigkeiten durch besondere Trocknung der Frischmasse vor der Fettbestimmung ausschalten. Nach Untersuchungen von G. WINKLER[1] ist es empfehlenswert, die Fettextraktion auf 6 Stunden festzulegen, da erst dann die Gewähr für gleichmäßige und restlose Fettgewinnung aus der Probe gegeben ist. Zermahlen der Frischmasse hat nach den Zahlen keinen Einfluß auf die Fettbestimmung auszuüben vermocht. Die Rohfaseranalyse aus dem Frischkot ist mit gewissen Umständen verbunden. Das Filtrieren durch das Asbestfilter erfolgt sehr langsam. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Filtration dabei unvollständig bleibt. Durch Vortrocknen der eingewogenen Frischmasse, wobei ein Teil der kolloiden Stoffe an Wirkung verliert, kann die Rohfaserbestimmung befriedigend durchgeführt werden. Es ist nicht anzunehmen, daß durch das Zerkleinern der frischen Masse das Ergebnis der Untersuchung maßgeblich beeinflußt wird, immerhin werden bei den Analysen der Württembergischen Versuchsstation in der Paste im frischen und auch im getrockneten Zustand höhere Werte gefunden. Man sollte eigentlich erwarten, da durch die Zerkleinerung die Angriffsfläche für die Säure und Lauge im Analysengang erweitert wird, daß die Werte der unzerkleinerten frischen Masse höher sind. Die Württembergische Versuchsstation findet sogar mit 36,40% Rohfaser in der unzerkleinerten frischen Masse den niedrigsten Wert. Infolge des hohen Wassergehaltes der frischen Masse empfiehlt es sich, stets mit mehreren Wiederholungen — wie das ja wohl allgemein üblich ist — zu arbeiten. Dies gilt namentlich für die Trockenmassebestimmung und die Eiweißanalysen, wobei von jeder täglichen Probe mindestens 3–4 Widerholungen anzusetzen sind. Die stickstoffreien Extraktstoffe weisen, ihrer Berechnung entsprechend, geringe, umgekehrte Abweichungen auf.

Zusammenfassung.

Bei der Analyse aus frischem Pferdekot ist auf sorgfältigstes Mischen vor der Probenahme und Vermeidung von Wasserverlusten zu achten. Infolge des hohen Wassergehaltes ist es schwierig, einwandfreie Durchschnittsproben zu erhalten; daher sind die einzelnen Nährstoffuntersuchungen, zumal die Eiweißbestimmungen, in mehreren Wiederholungen auszuführen. Die Trocknung der Proben vor der Verarbeitung hat Einfluß auf die Bestimmung des verdaulichen Eiweißes — man erhält zu niedrige Werte. Bei den übrigen Nährstoffbestimmungen sind die Unterschiede der Analysenwerte nur gering. Die Zerkleinerung der Frischmasse mit einer besonderen Maschine vor der Verarbeitung ist zwar wünschenswert, doch können zunächst die Analysen auch unmittelbar aus der Frischmasse ausgeführt werden.

[1] G. WINKLER, Arbeit noch nicht veröffentlicht.

Summary.

When fresh faeces of horses shall be analysed, they must be carefully mixed before the samples will be taken, and losses of water are to be avoided. As the water content is very high, it is difficult to get unobjectionable average samples; therefore the analyses of the single nutrients, especially those of proteins, must be repeated several times. If the samples are dried before being analysed, the values of digestible protein become too low. The other values are differing only unimportantly. It is to be recommended the fresh matter to be reduced by a special machine before being analysed; but until further notice the fresh matter also directly may be analysed.

Schrifttum.

1. Zaitschek, Pflügers Archiv **98** (1903) 595. — 2. W. Krzywanek, in: Mangold, Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere **2** (1929) 364. — 3. A. D. Emmet u. H. S. Grindley, J. Amer. chem. Soc. **31** (1909) 569. — 4. A. Stutzer, E. Merres u. L. Seidler, Biochem. Z. **9** (1908) 310. — 5. G. Fingerling, Forschungsdienst (Sonderheft) **2** (1936) 62. — 6. H. Moellgaard, Grundzüge der Ernährungsphysiologie der Haustiere. 1931. S. 137. — 7. W. Krzywanek in: Mangolds Handbuch der Ernährung und des Stoffwechsels der landwirtschaftlichen Nutztiere **2** (1929) 364. — 8. W. Schramm, Landw. Versuchsstat. **124** (1936) 241. — 9. F. Barnstein, Landw. Versuchsstat. **54** (1900) 327.

Printed in Germany Großbuchdruckerei Paul Dünnhaupt, Köthen (Anhalt)

Aus dem Agrikulturchemischen und Bakteriologischen Institut der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität.

Verfahren zur Bestimmung der Arbeitsleistung bei Zugpferden.

Von

Dozent Dr. **Herbert Nitsche.**

Mit 9 Abbildungen.

Inhalt: Grundsätzliche Erwägungen zum Bau der neuen Zugmeßanlage. — Die elektrische Meßeinrichtung. — Auswertung der elektrisch gemessenen Arbeit. — Meßergebnisse. — Bedienung des Zugmeßgöpels. — Zusammenfassung. — Schrifttum.

Erst seit einigen Jahrzehnten werden Messungen der Arbeitsleistungen bei Zugpferden durchgeführt. Infolgedessen sind auch bis heute nur wenig wirklich brauchbare Verfahren zur Bestimmung von Zugleistungen bei Pferden bekannt. Da aber der Pferdezüchter und Pferdehalter eine gerechte Beurteilung auf Grund der Leistung jetzt mehr denn je erstrebt, so werden wir hoffentlich in nicht allzu ferner Zeit Prüfungsverfahren besitzen, die es ermöglichen, durch sorgfältige Auswahl unter dem jetzigen Pferdebestand in Zukunft nur die wirklich besten Tiere rechtzeitig zu erkennen und in der Zucht zu verwenden. Von W. Zorn und Mitarbeitern (1), insbesondere L. Krüger (2), sind bereits in letzter Zeit praktische Verfahren zur Prüfung der Zugleistung bei Pferden mit Erfolg ausgearbeitet worden.

Genau so, wie in der Rindviehzucht, Schweinezucht, Hühnerzucht usw. die Leistung der Zuchttiere, vergl. H. F. Krallinger (3), nach bestimmten Grundsätzen festgelegt ist, so wird man auch in der Pferdezucht hoffentlich bald feste Richtlinien für die zu fordernden Leistungen besitzen.

Aus dem Schrifttum sind genügend Verfahren zur Bestimmung von Arbeitsleistungen bekannt. So hat bereits E. v. Wolff (4) einen für damalige Verhältnisse recht brauchbaren Bremsgöpel benutzt, der dann später in wenig abgeänderter Form den französischen Forschern L. Grandeau und A. Leclerc (5) bei ihrem Versuche diente. N. Zuntz und O. Hagemann (6) verwendeten bei Untersuchungen über den Gaswechsel beim Pferd einen Apparat, der nach dem System eines Tretrades gebaut war. In letzter Zeit hat schließlich F. J. J. van Rijn (7) ein Verfahren ausgearbeitet, welches ebenfalls auf dem Göpelprinzip aufgebaut ist. Weiterhin sind eine ganze Anzahl von Leistungsfeststellungen mit Hilfe von Dynamometern bekannt. Es sei hier auch der von W. Schlabach (8)

beschriebene amerikanische Zugkraftwagen erwähnt. Ebenso bemühten sich viele Forscher um Neukonstruktionen usw. von Dynamometern. So u. a. Fränkel (9). Bentall, Rich, Easton und Andersen (10), Baldwin (11), Keen (12), Polikeit (13), Schäffer und Budenberg (14), Amsler (15), Ow (16), Horstig (17) und Reimann (18). Alle diese Verfahren und Apparate haben ihre Vor- und Nachteile, worauf jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht näher einzugehen ist.

Grundsätzliche Erwägungen zum Bau der neuen Zugmeßanlage.

Für die Untersuchungen und Berechnungen über den Nährstoffverbrauch, insbesondere den Eiweißbedarf bei verschiedenen Arbeitsleistungen war ein Verfahren notwendig, welches gestattete, die Arbeits- und Leistungswerte, also nicht nur die mittleren Zugkräfte, mit möglichster Genauigkeit zu ermitteln.

Grundlegend für den Bau und die Arbeitsweise dieses von uns unter dankenswerter Unterstützung ganz besonders von Herrn Oberlandstallmeister Dr. Seyffert, Berlin, dann von Herrn Prof. Ehrhardt und Herrn Diplomingenieur Woitschach vom Landmaschineninstitut der Universität Breslau, sowie den Herren Diplomingenieur Bax und Heinrich der Siemens-Schuckertwerke gebauten Apparates zur Umwandlung mechanischer Arbeit in elektrische Arbeit, waren daher etwa folgende Gesichtspunkte:

1. Genauigkeit der Messungen.
2. Versuchspferde über Stunden, Tage und Wochen unter möglichst gleichen Bedingungen arbeiten zu lassen.
3. Einstellungsmöglichkeiten für:
   a) leichte Arbeit,
   b) mittlere Arbeit,
   c) schwere Arbeit,
   d) schwerste Arbeit,
   bei langsamer, mittlerer und schneller Gangart des bzw. der Pferde.
4. Einsparung von Zeit und Arbeit bei Auswertung der Meßergebnisse.
5. Möglichste Unabhängigkeit von nicht immer zur Verfügung stehenden zuverlässigen Hilfskräften.
6. Einfachheit und Sicherheit der elektrischen Meßeinrichtung.
7. Sofortige Ermittlung der im Zeitabschnitt einer Stunde, eines Tages usw. geleisteten Arbeit.

Voraussetzung ist, daß der Bewegung des Pferdes bestimmte Grenzen gesetzt sind. Nur zu leicht neigt man zu der Ansicht, daß bei Zugkraftmessungen nach dem Göpelprinzip die Bedingungen der Praxis nicht vollwertig erreicht werden. Als störend wird oft die gleichbleibende, kreisförmige Laufbahn empfunden, auf welcher die Versuchstiere die ihnen zugedachte Arbeit zu verrichten haben. Es ergibt sich von selbst, daß der Durchmesser der Laufbahn einen bestimmten Radius nicht überschreiten kann. Jedoch ist bei dieser Anlage im Gegensatz zu dem Hohenheimer Bremsgöpelwerk von E. v. Wolff (19) und dem bei den Pariser Versuchen

von L. Grandeau und A. Leclerc (20) benutzten mechanischen Göpelwerk mit einem Durchmesser von 8,40 m der Durchmesser wesentlich vergrößert worden. Wenn derselbe klein ist, wird naturgemäß die Laufbahn des Pferdes einen engbegrenzten Kreis bilden. Hierdurch erwachsen dem Pferd durch den außerordentlich starken Schrägzug nicht unbeachtliche Schwierigkeiten. Nicht selten dürfte es u. a. Schädigungen durch den schiefen Sitz des Geschirres davontragen, ganz abgesehen von den Fehlern, die sich aus der Winkelstellung von Pferd und der starren Göpelstange ergeben. Um diesen Mängeln vorzubeugen, ist deshalb der Durch-

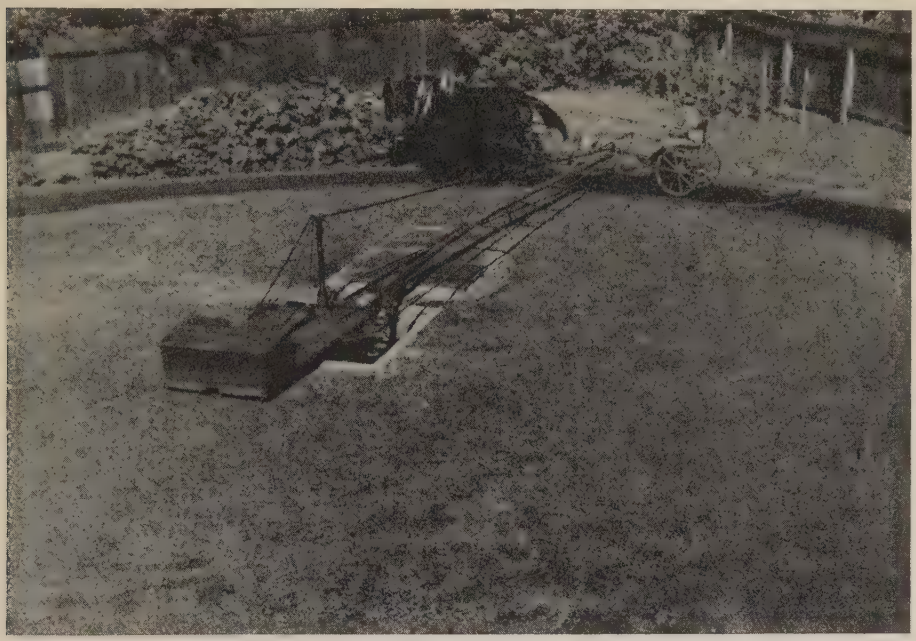


Abb. 1.
Gesamtansicht des elektrischen Zugmeßgöpels.
(Außenanlage.)

messer der hier beschriebenen Anlage[1]) auf Grund der Erfahrungen, die in Holland von van Rijn (21) gemacht wurden, so groß gewählt worden, daß das Pferd nunmehr senkrecht zur Zugstange vorwärts schreitet. van Rijn benutzte einen verstellbaren, 4—8 m langen Zugbaum. Der Durchmesser der Laufbahn unseres elektrischen Zugmeßgöpels beträgt im ganzen etwa 20 m. Außerhalb dieses Kreises befindet sich in geringem Abstand ein Graben, welcher zum Ablauf des Regenwassers dient. Wie aus dem Grundriß zu ersehen ist, gibt b die eigentliche Laufbahn des Pferdes an. Dieselbe ist so eingerichtet, daß nach Belieben ein oder auch zwei Pferde zu gleicher Zeit arbeiten können. Für gewisse Versuche ist

[1]) Es sei an dieser Stelle Herrn Oberlandstallmeister Dr. Seyffert für die tatkräftige Unterstützung und die rege Anteilnahme bei diesen Versuchen noch einmal ganz besonderer Dank ausgesprochen.

es notwendig, z. B. ein Pferd arbeiten und das andere frei nebenherlaufen zu lassen. Die Breite der Laufbahn b für beide Pferde beträgt etwa 2—2,50 m. Da die Versuche langfristig sind, ist natürlich für eine möglichst feste Unterlage, auf der die Pferde stets dieselben Voraussetzungen vorfinden, Sorge zu tragen. Von Zeit zu Zeit wird deshalb durch Aufschüttung von Schlacke die Laufbahn in ordnungsgemäßem Zustande erhalten. Nennenswerte Schwierigkeiten durch starke Regengüsse erwachsen kaum, da die Schlacke aufsaugungsfähig ist und das überschüssige Wasser durch die geringe Wölbung der Laufbahn sofort in den äußeren Graben

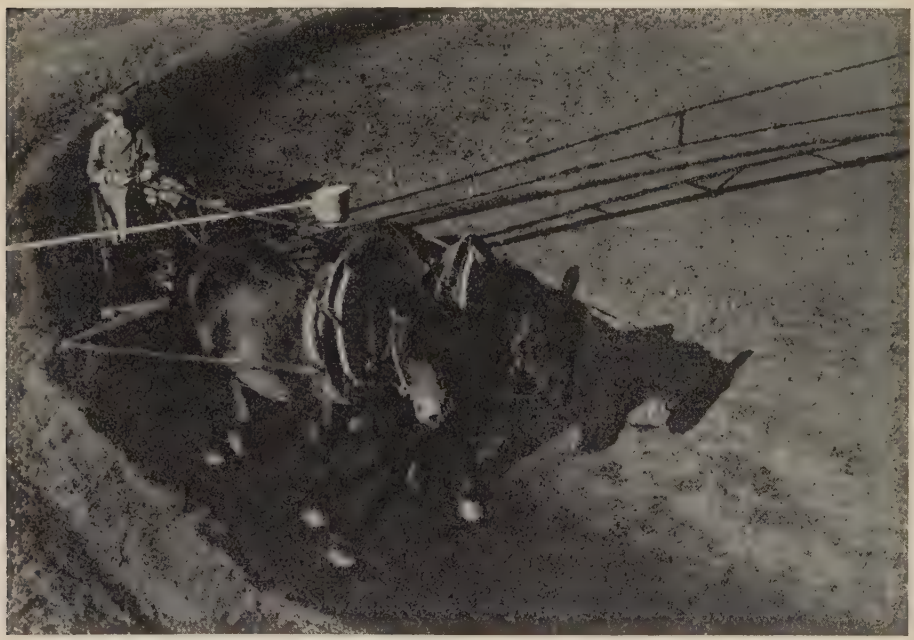


Abb. 2.
Arbeitspferde am elektrischen Zugmeßgöpel bei leichter Arbeit.

abgelenkt wird. Wünschenswert wäre es allerdings, wenn über der Laufbahn ein Dach angebracht wäre, weil dann das oder die am Göpel arbeitenden Tiere und Menschen den Unbilden der Witterung weniger ausgesetzt sind. Ferner würden die Einflüsse der Umwelt, die sich oft während der Bilanzen störend bemerkbar machen, zum ganz erheblichen Teil abgeschwächt werden. Denn wenn z. B. ein Pferd im Sommer bei starker Hitze eine bestimmte Arbeit zu leisten hat, wird naturgemäß der Energieverbrauch ein ganz anderer sein, als wenn das Tier am nächsten oder übernächsten Tag die Arbeit bei strömendem Regen verrichtet. Aus diesem Beispiel allein ist schon ersichtlich, wie wichtig es ist, das Tier dauernd denselben Versuchsbedingungen auszusetzen.

Die Anspannung verdient selbstverständlich namentlich bei langfristigen Versuchen größte Beachtung. Geschirr, insbesondere Kummet und Zugstränge müssen in tadelloser Ordnung sein, damit kein Aufziehen oder Scheuern durch die Zugstränge an den hinteren Gliedmaßen eintritt.

Der Rückengurt am Geschirr hat sich als überflüssig und störend erwiesen und wurde deshalb entfernt. Um dem Pferd den Anzug zu erleichtern, wurden zwischen Zughaken und Bracke Federn (Pferdeschoner) eingespannt. Diese haben den Zweck, ein ruckartiges Anziehen zu vermeiden, um dadurch dem Pferd einen mühelosen Anzug zu gewähren und das Getriebe des Göpels zu schonen.

Ebenso ist darauf zu achten, daß der Fahrer den Versuchsbedingungen nachkommen kann. Bei den teilweise viele Stunden dauernden täglichen Arbeitsleistungen sind die Anforderungen an ihn nicht gering.

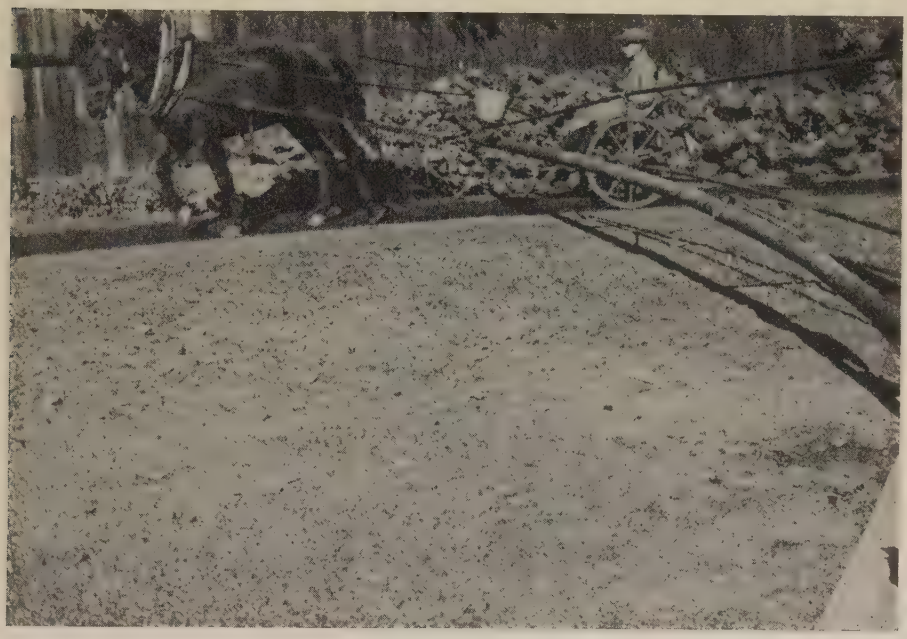
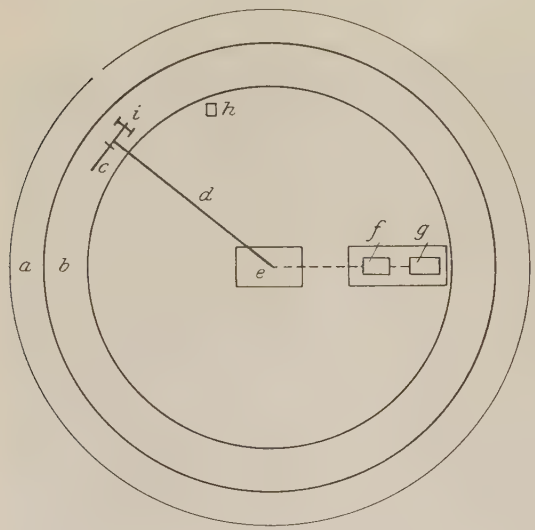


Abb. 3.
Versuchspferd IV bei schwerer Arbeit am elektrischen Zugmeßgöpel.

Mit einer Stoppuhr prüft er die Arbeitszeit. Da aber der Fahrer nebenbei noch eine Reihe anderer Arbeiten zu verrichten hat, wie z. B. das Auffangen von Kot und Harn während der Bilanzzeiten, so wurde ein Wagen i gebaut, auf dem er mitfährt. Dieser Wagen besteht aus zwei Rädern und einem Sitzplatz, und ist hinter dem Zughaken an der Göpelstange befestigt. Von seinem Sitz aus ist es ihm möglich, die Pferde zu lenken, die Zeit zu prüfen und in den Bilanzen die Ausscheidungen aufzufangen. Es sei hier noch bemerkt, daß während der Arbeitszeiten die Pferde fast ausschließlich nur Kot abgaben und daß die Harnabgaben im Stall erfolgten. An dem linken Rad des Wagens befindet sich ein hervorstehender Eisendorn, der bei jedem Umlauf den Tourenzähler h vorwärts bewegt.

Zur Umsetzung der vom Einzelpferd oder Gespann geleisteten Arbeit dient ein Göpel, in dem die mechanische Arbeit in elektrische umgewandelt wird. Die Bracke ist an dem Zughaken c angebracht. Der Zughaken

steht mit der Zugstange d in Verbindung. Die Zugstange hat eine Länge von etwa 10 m und einen Durchmesser von 15 cm. Bei der Länge der Zugstange ist es erklärlich, daß die Verstrebung und Versteifung nach hinten und oben außerordentlich fest sein muß, da andernfalls Zerreißungen nicht ausbleiben würden. Ferner muß der Gleichgewichtsverteilung gewisse Beachtung beigemessen werden. Deshalb ist auf der anderen Seite des Göpels — also dem Zughaken entgegengesetzt — ein Kasten mit Feldsteinen zur Ausgleichs-Beschwerung angebracht.



a Graben
b Laufbahn für die Pferde
c Zugvorrichtung, Zughaken
d Zugstange
e Göpelgetriebe
f Übersetzungsgetriebe
g Generator
h Tourenzähler
i Wagen für den Fahrer

Abb. 4.
Schematischer Grundriß
der elektrischen Zugmeßanlage.

Über diese Zugstange wird die mechanische Arbeit auf ein in Ölbad laufendes Göpelgetriebe e übertragen. Vom Göpel führt eine schräg nach unten laufende Welle mit einer Umdrehungszahl von etwa 40—50 Umdrehungen je Minute in ein Übersetzungsgetriebe f. Daselbst wird die Zahl der Umdrehungen auf etwa 1800—2000 je Minute erhöht. Anschließend an das Getriebe folgt ein Generator g, dessen Feldwicklung von einem 220 Volt Gleichstrom-Lichtnetz fremd erregt wird. In dem Generator bewegt sich der Anker mit einer Geschwindigkeit von etwa 1800 — 2000 Umdrehungen. Durch die Umdrehungen des Ankers im Generator wird die mechanische Arbeit in elektrische umgesetzt, als solche gemessen und schließlich in einem elektrischen Widerstand in Wärme umgeformt. Die Anordnung der elektrischen Einrichtung geht aus Abb. 6 hervor. Wir sehen auf der Zeichnung die Göpelanlage im Querschnitt. An das Kegelradgetriebe 1 schließt sich die schräg nach unten laufende Verbindungswelle mit Kugelgelenk-Kuppelungen an. Das Stirnrad-Zwischengetriebe mit einer Übersetzung von 55/2040 U/Min. wie auch der Motor sind auf einem Zementsockel aufmontiert. Die Grube, in der die Apparate aufgestellt sind, ist sehr geräumig gebaut, so daß jederzeit sorgfältige Beobachtungen möglich sind. Ferner ist auf dem Zementsockel noch ein Drehzahl-Dynamo befestigt, der die Umdrehungszahl nach der Warte übermittelt. Auf dem Querschnitt der Göpelanlage ist links unten das Schema der Stromzu- und -ableitungen, wie auch der elektrischen Meßvorrichtung zu sehen. Verfolgt man die Stromleitung vom Motor nach der Warte, dann ergibt sich folgendes Bild. Vom Lichtnetz wird ein Strom (Erreger-

strom) über den Regelwiderstand R und den Strommesser für den Generator-Erregerstrom i durch das Kabel Ke geleitet. Der in dem Motor erzeugte Strom wird in dem Kabel Ka zur Warte geführt. Dort gelangt er zunächst in den Zähler (Kilowattstundenzähler). Dieser ist von der Firma Siemens besonders angefertigt worden. Er zeigt nicht nur ganze Kilowattstunden an, sondern seine Genauigkeit ermöglicht eine Ablesung bis zu $^1/_{10\,000}$ Kilowattstunden. Dadurch erst wird es möglich, auch den geringsten Zug, d. h. die kleinste mechanische Arbeit elektrisch zu erfassen. Nachdem der Strom in dem Zähler Z gemessen worden ist, gelangt er über den Strommesser i für den Generator-Hauptstrom zu dem Regelwiderstand W, in dem die elektrische Arbeit in Wärme umgeformt wird. Rechts auf dem Schema ist der Drehzahlanzeiger eingezeichnet. Vom Drehzahl-Dynamo führt ein Kabel Ko nach der Warte. Auf dem Drehzahlanzeiger U wird die jeweilige Drehzahl angegeben. Über die Anordnung der einzelnen Einrichtungen an der Warte geben die Abbildungen 7 und 8 Aufschluß. Es ergibt sich von selbst, daß der Generator nur gewisse Arbeitsgrenzen zuläßt. Besteht die Möglichkeit, daß bei sehr schwerem Zug der Höchstwert der Leistung des Motors überschritten wird, so würde unter Umständen eine Beschädigung der Anlage eintreten. Als Abhilfe ist ein Schutzschalter in den Stromkreis eingebaut. Dieser Schalter unterbricht bei Überlastung des Generators den Stromkreis automatisch. So ist seit dem Bau der Anlage nicht die geringste Ausbesserung notwendig gewesen.

Abb. 5.
Göpel mit Übersetzungsgetriebe und Motor.

Die elektrische Meßeinrichtung.

Die an der Zugstange des Göpels von dem Gespann geleistete mechanische Arbeit wird über ein Kegelradgetriebe (Göpel) auf ein freistehendes Zwischenradgetriebe mit einer Übersetzung 50 : 2040 Umdrehungen/Min. und von dort auf einen Gleichstromgenerator übertragen, der die mechanische Arbeit

in elektrische Arbeit umformt. Diese elektrische Arbeit wird durch ein Kabel Ka nach der Schaltwarte geleitet, hier von einem Gleichstromwattstundenzähler Z festgestellt und in einem luftgekühlten Regelwiderstand W in Wärme umgesetzt. Zur Messung des Belastungsstromes dient ein auf der Schalttafel der Warte angeordneter Strommesser J. Die Feldwicklung des Generators wird vom 220 Volt-Gleichstrom-Lichtnetz fremd erregt. Dies geschieht aus folgendem Grunde: Für die Spannung E einer Gleichstrommaschine gilt folgende Gleichung:

$$E = C \cdot \varnothing \cdot n$$

Hierbei ist C eine Konstante, n die Generator-Drehzahl und $\varnothing$ der magnetische Fluß des Erregerfeldes. Dieser wird vom Erregerstrom erzeugt.

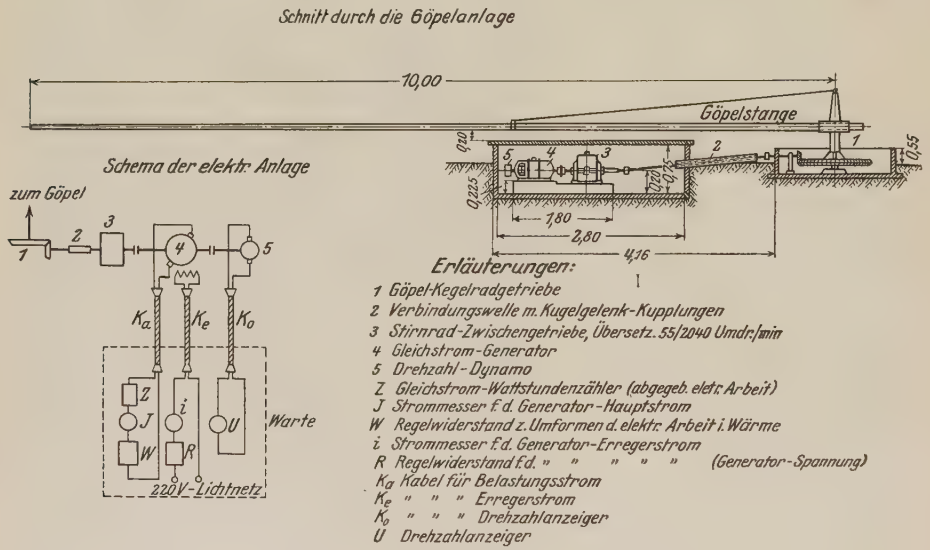


Abb. 6.
Grundriß der Göpelanlage.

Bei konstanter Fremderregung der Maschine ist der Fluß ebenfalls konstant. Damit gilt die Gleichung:

$$E = C_1 \cdot n \quad (C_1 = \text{konstant})$$

Die Maschinenspannung hängt damit nur von der Drehzahl n ab. Der Fluß des Erregerfeldes ist in einem geraden Teil der Magnetisierungskurve angenähert dem Magnetisierungsstrom $\varnothing$ und damit bei konstantem Feldwiderstand der Erregerspannung E proportional. Bei einer Maschine mit Selbsterregung wird die Erregerspannung von der Klemmenspannung E geliefert. Hierbei ändert sich also der Fluß entsprechend der Klemmenspannung und entsprechend der Drehzahl n. Aus den Wechselbeziehungen zwischen E, $\varnothing$ und n ergeben sich damit erhebliche Spannungsschwankungen bei Drehzahländerungen. Diese werden, wie eben erläutert, bei fremd erregten Maschinen auf ein Mindestmaß begrenzt. Es wird also durch Fremderregung eines Generators eine bessere Spannungsregelung bei den verschiedenen Umlaufsgeschwindigkeiten des Göpels erreicht. Die Generatorspannung ist durch einen Regelwiderstand R, der im Erreger-

kreis des Generators liegt, zu verändern. Der Erregerstrom wird an einem Strommesser i an der Schalttafel angezeigt. Am Gleichstrom-Generator ist ferner ein Drehzahldynamo angebracht, der über ein Zahnradgetriebe mit der Generatorwelle verbunden ist. Durch ein besonderes Kabel Ko wird von diesem Drehzahldynamo ein Drehzahlanzeigeinstrument U auf der Schalttafel ferngesteuert, so daß man jederzeit die Drehzahl des Generators und damit die Umlaufzeit am Göpel ablesen kann.

Die Belastung eines den Göpel antreibenden Gespannes wird geregelt durch:

1. Höhere Umlaufzahl des Gespannes, damit höhere Spannung und größere elektrische Arbeit.
2. Größere Erregung des Generators, damit ebenfalls höhere Spannung und größere elektrische Arbeit.
3. Verkleinerung des Arbeitswiderstandes, damit größerer Arbeitsstrom und größere elektrische Arbeit.

Zwecks Eichung der Anlage und Ermittlung der tatsächlich geleisteten mechanischen Arbeit wurden zunächst die Eigenverluste der Anlage durch einen Versuch ermittelt. Der Generator wurde durch Umschaltung in der Warte als Motor betrieben und vom 220 Volt-Lichtnetz gespeist. Er trieb den gesamten Göpel einschließlich des Göpelwagens für den Fahrer. Die hierbei umgesetzte elektrische Arbeit wurde in dem Gleichstrom-Wattstunden-Zähler aufgezeichnet. Sie entspricht nach Abzug der elektrischen Verluste in den Zuleitungen und in dem Generator der Leerlaufsarbeit der Anlage, das ist die Arbeit, die notwendig ist zur Fortbewegung des Göpels bei abgeschaltetem Generator. Diese Leerlaufsarbeit wurde bei verschiedenen Umlaufsgeschwindigkeiten aufgenommen.

Leerlauf — Versuch am Göpel — Generator:

Nr.	t/Umlauf sec.	Tachometer U/Min.	Strom Amp.	Spannung Volt	Zähler-Ablesung Wh	Leerlauf-Verlust-Arbeit Wh
1.	54,2	2500	1,91	220	6,35	6,18
2.	53,7	2500	1,89	220	6,—	6,12
3.	54	2500	1,89	220	6,25	6,1
4.	54	2500	1,87	220	6,18	6,—
5.	60	2250	1,49	222	5,5	5,32
6.	60,5	2240	1,48	220	5,5	5,3
7.	68,7	1990	1,31	220	5,1	4,94
8.	67,5	2000	1,22	222	5,08	4,85
9.	75,-	1800	1,20	220	5,5	5,27
10.	75,5	1800	1,19	219	5,47	5,26
11.	84,3	1610	1,14	220	5,86	5,6
12.	99,2	1390	1,10	190	5,76	5,5

Die Eigenverluste der Anlage bei Belastung ergeben sich sodann aus den Leerlaufverlusten in der Maschine und in den Zuleitungen sowie den zusätzlichen mechanischen Verlusten im Generator und im Getriebe (vergl. folgende Übersicht).

Belastungsversuch am Göpel-Generator:

Nr.	Zeit je Umlauf	Tachometer	Strom	Spannung	Leistung (Strom Spannung)	Zähler Ablesung	Arbeit am Göpel	Erregung	Belastung
	sec.	U/Min.	Amp.	Volt	W	Wh	Wh	Stellg.	Stellg.
1.	ca. 70	ca. 2000	1,55	180	280	5,5	10,5	0	0
2.	„ 70	„ 2000	1,59	190	302	5,67	10,67	0	4
3.	„ 70	„ 2000	1,95	190	370	6,67	11,7	4	4
4.	„ 70	„ 2000	2,03	190	385	7,16	12,16	4	8
5.	„ 70	„ 2000	2,52	180	452	8,67	13,65	8	8
6.	„ 70	„ 2000	2,71	190	515	9,7	14,65	8	12
7.	„ 70	„ 2000	3,83	190	670	13	18,1	12	12
8.	„ 70	„ 2000	3,71	190	705	13,7	18,8	12	16
9.	„ 70	„ 2000	5,95	190	1130	21,7	27,7	16	16

Auf Grund der gemessenen und errechneten Verluste wurden Korrekturkurven aufgestellt, aus denen für jede Zählerablesung (Wattstunden) und jede praktisch in Frage kommende Umlaufzahl des Göpels die am Göpel geleistete Arbeit in Wattstunden sofort abgelesen werden kann.

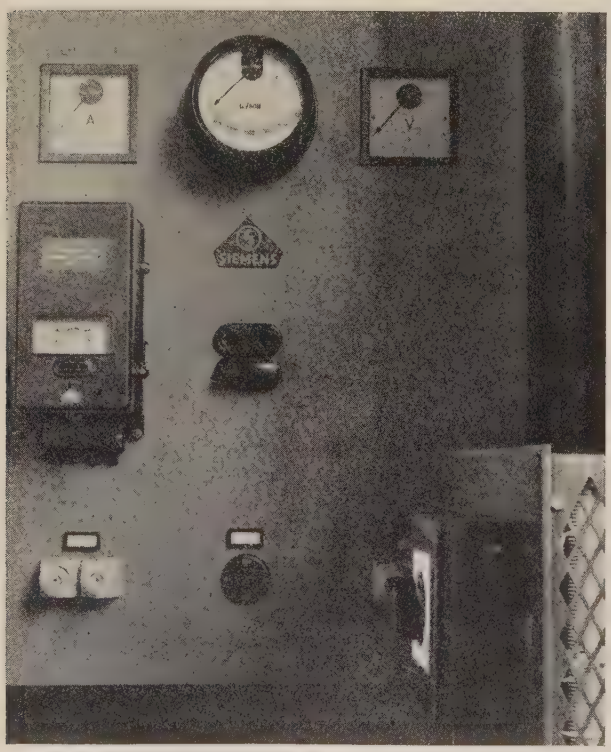


Abb. 7.
Elektrische Meßanlage.

Infolge der großen Genauigkeit in der Ausführung des Gleichstrom-Wattstunden-Zählers sind etwa auftretende Fehler äußerst gering. Sie betragen bei 100 % Belastung ca. ± 0,5 %, bei 10 % ca. ± 1 bis + 2 %. Da der Zähler absolute Zahlenwerte feststellt, können subjektive oder objektive Fehler, die durch die Art der Ablesung entstehen, nicht auftreten.

Gegenüber anderen, zumeist dynamometrischen Verfahren zur Ermittlung der mechanischen Arbeitsleistung bei Pferden gewährt somit die vorstehend angegebene elektrische Messung eine sehr genaue und schnelle Feststellung der geleisteten Arbeit. Die Addition der je Zeiteinheit geleisteten Arbeit wird selbsttätig und sehr genau von dem Gleichstrom-Wattstunden-Zähler ausgeführt. Das äußerst zeitraubende und

bei mangelnder Sorgfalt fehlerhafte Auswerten von Diagrammen kommt somit bei diesem Verfahren in Fortfall.

Auswertung der elektrisch gemessenen Arbeit.

Die geleistete Arbeit wird in Wattstunden gemessen. Außer der Arbeit in Wattstunden werden fernerhin noch der Weg und die Zeit berücksichtigt. Die Wegstrecke ergibt sich aus der Anzahl der Umdrehungen, wobei bei jeder Umdrehung eine Wegstrecke von 59,06 m zurückgelegt wird. Die Zeit wird mittels einer Stoppuhr bestimmt. Bei Verbesserung

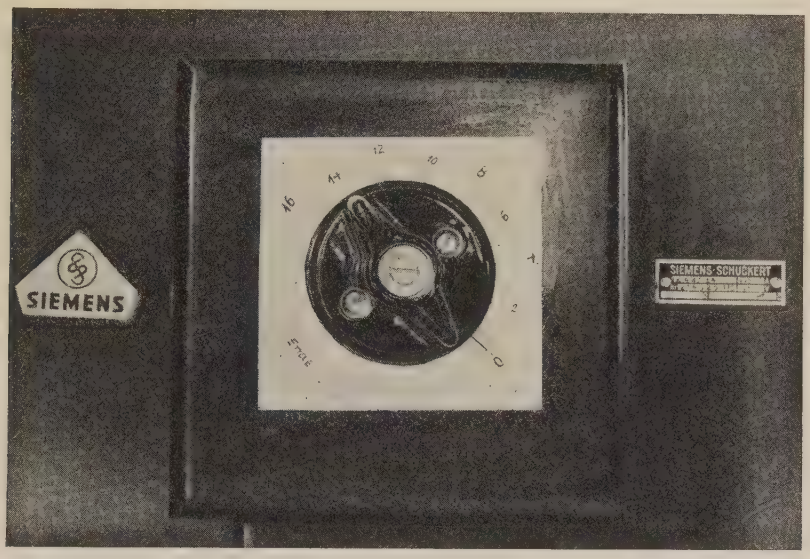


Abb. 8.
Regelwiderstand zum Umformen der elektrischen Arbeit in Wärme.

des elektrischen Zugkraftgöpels wird man ein Zeitzählerwerk gleich in den Stromkreis mit einschalten. Auf diese Weise wird selbsttätig die Gesamtzeit, während welcher das Tier arbeitet, aufgezeichnet. Wie aus der Übersicht ersichtlich, ist an einer einzigen Zahl die gesamte Leistung des Pferdes in der Zeiteinheit oder auch, wenn man will, von einem Tag enthalten. Hieraus ist schon der deutliche Vorteil dieses Verfahrens anderen gegenüber aus der gewaltigen Zeitersparnis ersichtlich. Die umständlichen, ungenauen und zeitraubenden Bestimmungen der Arbeit bei dynamometrischen Messungen fallen also bei diesem Verfahren völlig fort. Mit Hilfe dieser einfachen Zahlenwerte: Weg in Meter, Zeit in Sekunden und dem Leistungswert in Wattstunden kann jede beliebige Größe wie z. B. Zugkilo, Meter-Kilogramm/Sekunden, Arbeit in Meter-Kilogramm oder auch die Leistung in Pferdestärken durch einfache Rechnung bestimmt werden. In der folgenden Übersicht sind die einzelnen Leistungswerte angegeben.

Meßergebnisse

Tag	23. August 1937.
Versuchstier	III
Umdrehungen	210
Weg in Meter	12 403
Zeit sec. insgesamt	19 081
Zeit sec. je U	91
Mittlere Geschwindigkeit km/Std.	2,341
Abgelesene Wattstunden insgesamt	2 116
Abgelesene Wattstunden je U	10,1
Wirkliche Leistungen in Wh[1]) insgesamt	3 255
Wirkliche Leistungen in Wh je U	15,5
mkg	1 194 585
Zugkilo	96
mkg/s	63
PS	0,84

Die Übersicht enthält zunächst die Mitteilung über die Zeit der Messung. Weiter folgt die Angabe, welches Versuchstier geprüft wurde, die Anzahl der Umgänge auf der Göpellaufbahn, der daraus errechnete Weg in m, die erforderliche Zeit in sec, woraus sich die beanspruchte Zeit je Umdrehung errechnet. Aus der Zeit und dem Weg ist weiter die Geschwindigkeit (km/Stunde) errechnet. Nun folgt die am Zähler abgelesene Arbeit in Wh, insgesamt und je U, die wirkliche Wattstundenleistung insgesamt und je Umdrehung, die daraus ermittelt wurde, daß die Reibungsverluste, Stromverluste usw. (vgl. hierzu die Korrekturkurve) zu der abgelesenen Wattstundenzahl zugezählt wurden. Schließlich folgt die Arbeit in mkg, welche durch Multiplikation der Wattstunden mit 367 bestimmt wird, die Zugkilo durch Division des Weges in der Arbeit in mkg, der mkg/sec durch Division der Gesamtsekundenzahl in der geleisteten Arbeit in mkg, der Leistung in PS aus $\frac{\text{mkg/sec}}{75}$.

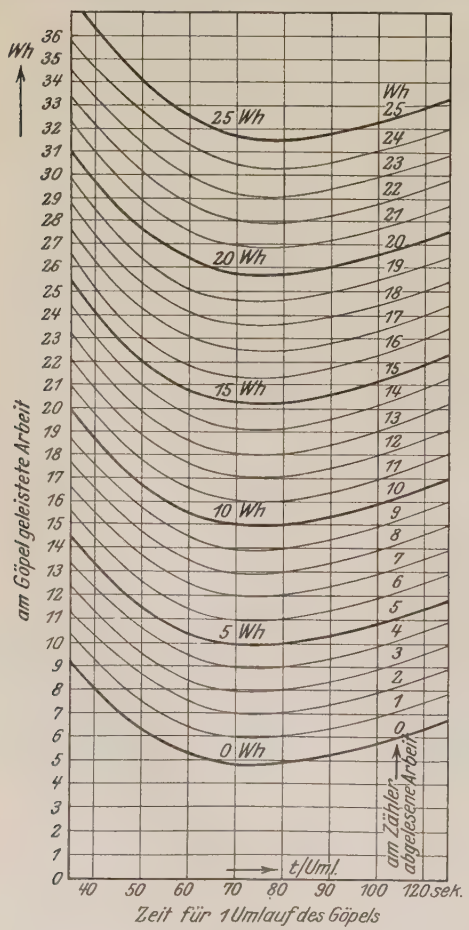


Abb. 9.
Korrektur-Kurven für den Göpelgenerator.

Bedienung des Zugmeßgöpels.

Durch Einschalten des Stromkreises ist der Göpel betriebsfertig. Die Pferde werden eingespannt und die Arbeit kann sofort, ohne weitere

[1]) Durch Hinzuzählen von Reibungsverlusten, Stromverlusten, usw. nach Korrekturkurven ermittelt.

Vorbereitungen beginnen. Je nachdem eine leichte oder schwere Arbeit zu verrichten ist, werden geringe oder große Widerstände in den Stromkreis durch einfache Schaltung eingelegt, sodaß jede beliebige Zugkraft eingestellt werden kann. Dies hat den Vorteil, daß man unter völlig gleichen Bedingungen den Nährstoffverbrauch für eine bestimmte Arbeit, und bei jeder beliebigen Arbeitszeit, zu prüfen vermag. Weitere Handgriffe sind nicht nötig, da die Anlage völlig selbsttätig arbeitet. Man hat nur noch am Ende eines Zeitabschnittes die Leistung am Kilowattstundenzähler abzulesen. Ein Leistungsschreiber, dessen Einbau beabsichtigt ist, würde außerdem noch durch Kurven eine anschauliche Wiedergabe der verrichteten Arbeit vermitteln und als Kontrollanzeiger dienen können. Infolgedessen ist ein Mann, der gleichzeitig als Fahrer für die Pferde da ist, imstande, ohne die geringste Mühe und ohne Fehler zu machen, sämtliche Prüfungen allein auszuführen. Damit dürfte auch in arbeitstechnischer Hinsicht der Zweck der Anlage erreicht sein.

Es wären nur noch möglichst langfristige Versuchsreihen durchzuführen, womit schon begonnen wurde, damit mit Hilfe dieses Zugmeßgöpels Fragen des Nährstoffverbrauches bzw. des Eiweißbedarfs für bestimmte Kraftleistungen, wie auch besonders die Ermittlung des Kraftaufwandes zur Fortbewegung des Körpers des Pferdes usw. mit genügender Sicherheit geprüft werden können.

Zusammenfassung.

Zur Messung der Arbeitsleistung bei Pferden dient ein elektrischer Zugmeßgöpel, wobei die mechanische Arbeit des Pferdes in elektrische Arbeit umgewandelt wird. Die geleistete Arbeit wird in einem Zähler gemessen.

Mit diesem Verfahren wird erreicht: Genauigkeit der Messung, Versuchspferde über Stunden, Tage und Wochen unter möglichst gleichen Bedingungen arbeiten zu lassen, Einstellungsmöglichkeit für jede gewünschte zu leistende Arbeit bei langsamer, mittlerer oder schneller Gangart des Pferdes und weitgehende Erleichterung bei der Feststellung der tatsächlich geleisteten Arbeit, schnelle und sichere Erfassung der einzelnen Leistungsgrößen wie Arbeit in mkg, Leistung in PS usw., und Einsparung von Zeit und Arbeit bei der Auswertung der Meßergebnisse, da eine sofortige Ermittlung der im Zeitabschnitt, einer Stunde, einem Tag usw., geleisteten Arbeit durch einfache Ablesung am Zähler möglich ist.

Mit dieser neuen Einrichtung werden Untersuchungen durchgeführt, den Stickstoffwechsel bei steigenden Lasten und wechselndem Arbeitstempo zu prüfen, um zu erfahren, wie hoch der Eiweißbedarf bei Arbeitspferden bei wechselnder Leistung ist.

Schrifttum.

1 Zorn, W. und ⎫ Deutsches Kaltblut. **11**, 193 (1938).
2 Krüger, L. ⎭ Deutsches Kaltblut. **11**, 197 (1938).
3 Krallinger, H. F. Der Forschungsdienst, Sonderheft 8. (1938).
4 Wolff, E. von Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes, Berlin. 66. (1886).
5 Grandeau, L. u. Leclerc, A. L'alimentation du cheval de trait. Paris. Premier mémoire. 21. (1882).
6 Zuntz, N. und Hagemann, O. Landwirtschaftliche Jahrbücher **27**. 3. Erg. Bd. 430. (1898).
7 Rijn, F. J. J. van Trekproeven bij Paarden. Wageningen. 60. (1929).
8 Schlabach, W. Technik in der Landwirtschaft. **8**, 261. (1927.)
9 Fränkel, zit. Reinhardt, N. Lastverteilung am vierrädrigen Wagen und die Zugkraft. Dissertation Leipzig. (1895).
10 Bentall, Rich., Eastons und Anderson. In Perels, Handbuch des Landwirtschaftlichen Maschinenwesens. 2. Auflage **1**, 11. (1880).
11 Baldwin, Fühlings landwirtschaftliche Zeitung **43**. 309. (1904).
12 Keen, B. E. The physical properties of the soil London. 291. (1931).
13 Polikeit,
14 Schäffer und Buddenberg,
15 Amsler zit. n. Lipinski. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen **112**, 197, 199, 200. (1931).
16 Ow, von Fortschritte der Landwirtschaft. **7**. 15. (1932).
17 Horstig, St. Georg **29**. 28. Heft. (1928).
18 Reimann, Die Technik in der Landwirtschaft. **7**. 108. (1926).
19 Wolff, E. v. Grundlagen für die rationelle Fütterung des Pferdes. Berlin 4. (1887).
20 Grandeau, L. u. Leclerc, A. L'alimentation du cheval de trait. Paris. Premier mémoire. 22. (1882).
21 Rijn, F. J. J. van Trekproeven bij Paarden. Wageningen. 62. (1929).